

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Automaatio- ja systeemitekniikan osasto

Heikki Ihasalo

**TALOTEKNIIKAN ELINKAARIKUSTANNUSINFORMAATION
VÄLITTYMINEN RAKENNUSHANKKEESSA**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkistettavaksi diplomi-insinöörin
tutkintoa varten

Helsingissä 21.5.2004

Työn valvoja: Karlos Artto
Työn ohjaaja: Heikki Niemi

TEKNILLINEN KORKEAKOULU Automaatio- ja systeemitekniikan osasto		DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ	
Tekijä: Heikki Ihasalo		Päiväys: 21.5.2004	
		Sivumäärä: 94	
Työn nimi: Talotekniikan elinkaarikustannusinformaation välittyminen rakennushankkeessa			
Professuuri: Teollisuustalous		Koodi: TU-22	
Työn valvoja: Karlos Artto			
Työn ohjaaja: Heikki Niemi			
<p>Rakennus- ja kiinteistöalalla kiinnitetään entistä enemmän huomioita rakentamisen jälkeiseen aikaan, koska yhteiskunta on alkanut vaatia energiankulutuksen pienentämistä ja ympäristöpäästöjen vähentämistä. Lisäksi elinkaarikustannuksien huomioiminen on taloudellisesti hyödyllistä yrityksien tarjotessa koko kiinteistön elinkaaren käsittäviä palveluratkaisuja asiakkailleen. Talotekniikalla on tärkeä asema elinkaarikustannustarkasteluissa, koska se aiheuttaa suurimman osan rakennuksen käyttökustannuksista.</p> <p>Tässä työssä pyritään kehittämään talotekniikan elinkaarikustannusten hallintaa. Työn tavoitteena on selvittää, minkälaista talotekniikan elinkaarikustannuksiin liittyvä tietoa on rakennushankkeessa. Toisena tavoitteena on tutkia talotekniikan elinkaarikustannusinformaation välittymistä toteutuneen rakennushankkeen eri vaiheissa ja hakea menetelmiä elinkaarikustannusinformaation välittymisen parantamiseksi.</p> <p>Työn kirjallisuusosuudessa perehdytään rakentamistalouteen, talotekniikkaan, elinkaarikustannuslaskentaan ja tietämyksen hallintaan. Näistä aiheista muodostetaan synteesi ja alustava malli elinkaarikustannusinformaatiosta rakennushankkeissa sekä kehitetään työkalu elinkaarikustannusinformaation välittymisen tarkasteluun. Empiirisessä tutkimuksessa puolestaan tutustutaan rakennushankkeeseen, jossa sama yritys vastasi sekä talotekniikan toteutuksesta että ylläpidosta.</p> <p>Kirjallisuuden ja empiirisen tutkimuksen pohjalta luodaan malli siitä, millaista elinkaarikustannusinformaatio on rakennushankkeissa. Tapaustutkimushankkeesta löydettiin elinkaarikustannusinformaation välittymisen esteitä ja edistäjiä. Elinkaarikustannusinformaation välittymisen parantamiseksi esitetään organisatorisia muutoksia. Ennen suosituksien täytäntöön panoa tarvitaan kuitenkin lisäselvityksiä suosituksien sopivuudesta kohdeorganisaatioon.</p>			
Avainsanat: Elinkaarikustannusinformaatio, rakennushanke, talotekniikka, tiedon välittyminen			

HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Department of Automation and Systems Technology		ABTRACT OF THE MASTER'S THESIS
Author: Heikki Ihasalo	Date: 21.5.2004	Number of pages: 94
Title: Transfer of life cycle cost information of building technology in construction projects		
Chair: Industrial Management	Code: TU-22	
Supervisor: Karlos Artto		
Instructor: Heikki Niemi		
<p>Nowadays in construction and real estate business more and more attention is paid to the time after the completion of buildings. This is done because the society has begun to demand a decrease on energy costs and environmental hazards. Also in projects, where a service provider takes a total responsibility of the whole life cycle of a building, it is economically useful to notice costs after the building completion. Building technology has an important role in the life cycle cost (LCC) evaluations because it causes most of the building's operating costs.</p> <p>This study attempts to improve LCC management of building technology. The aim of this study is to first find out what type of information is associated with life cycle costs of building technology in construction projects. The second goal is to examine transfer of LCC information of building technology in the case construction project and to find ways to improve LCC information transfer.</p> <p>The literature study of this research deals with issues like construction economics, building technology, LCC calculations and knowledge management. Based on these issues a synthesis is created. In the synthesis part a preliminary model of LCC information in construction projects and a tool for examining LCC information transfer is developed. The empirical part of the study introduces a construction project in which a company has taken a responsibility for both implementation and maintenance of the building technology.</p> <p>Findings from the literature and empirical study are used to construct a model of what is LCC information in construction projects. In the case study enablers and barriers of LCC information transfer are found. To improve LCC information transfer, organizational changes are suggested. Before these solutions can be implemented further research on the suitability of the solutions to the target organisation is needed.</p>		
Keywords: LCC information, construction project, building technology, knowledge transfer		

Alkusanat

Työn aiheeseen liittyen voisin verrata tämän työn tekemistä rakennushankkeeseen. Kirjoittajana koen itseni hankkeen rakentajaksi ja toteuttajaksi. Jotta rakennushanke onnistuisi, tarvitaan siihen useiden osapuolien panosta. Tässä hankkeessa auttaneita tahtoisinkin nyt kiittää.

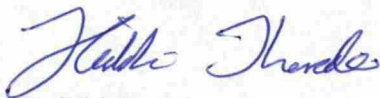
Hankkeen rahoittanutta yritystä ja varsinkin esimiestäni Kimmoa kiitän saamastani luottamuksesta ja mahdollisuudesta tehdä tämä työ. Erityisen suuret kiitokset kuuluvat hankkeen rakennuttajalle (työn ohjaajalle) Heikki Niemelle, jonka ideasta tämä hanke sai alkunsa. Kiitos Heikille myös useista antoisista tapaamisista, joissa jaoit auliisti tietojasi ja annoit hyviä vinkkejä hankkeen toteutukseen.

Haluan osoittaa kiitokseni myös hankkeen pääkonsulttina toimineelle (työn valvojalle) professori Karlos Artolle valaisevista näkökulmista ja avusta hankkeen punaisen langan löytämisessä.

Ilman hyviä rakennusmateriaaleja ei voi syntyä hyvää lopputulostakaan. Rakennusmateriaalia tähän hankkeeseen olen saanut useista mielenkiintoisista haastatteluista. Kiitos kuuluukin kaikille haastateltaville sekä lähdemateriaalia antaneille. Erityisesti haluan kiittää energiamittauksissa ja laskelmissa auttaneita Kalevia, Kimmo R:ä ja Kimmo L:iä.

Jotta rakennusmies jaksaisi työskennellä, täytyy myös työmiehen taustat olla kunnossa. Äidilleni ja veljelleni suuri kiitos elämän varrella annetusta tuesta ja neuvoista. Raskas työ vaati myös vastapainonsa, eikä rakennusmieskään jaksakaan aina miettiä työasioita. Kiitos Nina, että veit välillä ajatukseni pois tämän hankkeen tekemisestä.

Helsingissä 21.5.2004



Heikki Ihasalo

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO	7
1.1. TUTKIMUKSEN TAUSTA	7
1.2. TUTKIMUKSEN TAVOITE	8
1.3. TUTKIMUKSEN LAAJUUS JA RAJAUKSET	8
1.4. TUTKIMUSMENETELMÄT	9
1.5. AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET	9
1.6. KÄSITTEET	11
2. RAKENNUTTAMINEN JA TALOTEKNIikka	13
2.1. RAKENNUSHANKE	14
2.1.1. Osapuolet	14
2.1.2. Vaiheet	15
2.1.3. Yhteistyö	16
2.2. TALOTEKNIikka	17
3. ELINKAARIAJATTELU	18
3.1. ELINKAARILAATU	19
3.2. ELINKAARIKUSTANNUSLASKENTA	21
3.2.1. Koron vaikutus	22
3.2.2. Epävarmuuksien huomioiminen	22
3.2.3. Tarkasteluajanjakso	23
3.3. LASKELMIEN HYÖDYNTÄMINEN ERI HANKEVAIHEISSA	24
3.4. LASKENTAMENETELMIEN LUOKITTELU	25
3.5. TALOTEKNIIKAN ELINKAARIKUSTANNUSLASKENTA	26
3.5.1. Kustannuserät	27
3.5.2. Käyttökustannukset	27
3.5.3. Investointi- ja käyttökustannuksien osuus elinkaarikustannuksista	29
3.5.4. Muita elinkaarikustannuslaskennassa huomioitavia seikkoja	29
4. TIETÄMYKSEN HALLINTA	31
4.1. TIETÄMYKSEN HALLINNAN MÄÄRITELMÄ	32
4.2. TIEDON MUOTOJA	32
4.3. INFORMAATION HALLINTA -PROSESSI	33
4.3.1. Määritetään informaation tarve	33
4.3.2. Informaation haltuunotto	34
4.3.3. Informaation jakaminen	34
4.3.4. Informaation käyttäminen	34
4.4. TIEDON JAKAMINEN	35
4.4.1. Kodifiointistrategia	35
4.4.2. Personointistrategia	35
4.4.3. Oikean strategian valitseminen	36
4.5. TIEDON JAKAMISEN ESTEET	36
4.5.1. Fyysinen etäisyys	36
4.5.2. Ajallinen etäisyys	36
4.5.3. Sosiaalinen etäisyys	37
4.5.4. Muut tekijät	37
4.6. TIEDON JAKAMISEN EDISTÄJÄT	38
4.6.1. Kulttuuri	38
4.6.2. Infrastruktuuri	39
4.6.3. Teknologia	39
4.7. TIETÄMYKSEN HALLINTA RAKENNUSALALLA	40
5. SYNTEESI	42
5.1. TALOTEKNIIKAN ELINKAAREN VAIHEET JA KUSTANNUKSIIN VAIKUTTAMINEN	42
5.2. TALOTEKNIIKAN INFORMAATIO	43

5.2.1.	<i>Elinkaarikustannusinformaatio</i>	44
5.3.	ELINKAARIKUSTANNUSINFORMAATION HALLINTA –PROSESSI	45
5.3.1.	<i>Määritä tarve</i>	45
5.3.2.	<i>Haltuunotto</i>	45
5.3.3.	<i>Jakaminen</i>	47
5.3.4.	<i>Käyttäminen</i>	47
6.	TAPAUSTUTKIMUSHANKE	49
6.1.	TUTKIMUSMENETELMÄT	49
6.1.1.	<i>Haastattelut</i>	49
6.1.2.	<i>Asiakirjat</i>	50
6.1.3.	<i>Elinkaaritarkastelu</i>	51
6.2.	TAPAUSTUTKIMUSHANKKEEN ETENEMINEN	51
6.2.1.	<i>Esisuunnittelu</i>	51
6.2.2.	<i>Suunnittelu</i>	52
6.2.3.	<i>Toteutus ja käyttöönotto</i>	52
6.2.4.	<i>Käyttö</i>	52
7.	ELINKAARIKUSTANNUSINFORMAATIO TAPAUSTUTKIMUSHANKKEESSA.. 54	
7.1.	ESISUUNNITTELU.....	54
7.2.	SUUNNITTELU	55
7.3.	TOTEUTUS JA KÄYTTÖÖNOTTO.....	55
7.4.	KÄYTTÖ	55
7.5.	ILMANVAIHTOKOJEEN ELINKAARITARKASTELUT	56
8.	ELINKAARIKUSTANNUSINFORMAATION VÄLITYMINEN TAPAUSTUTKIMUSHANKKEESSA	58
8.1.	TARVE.....	58
8.2.	HALTUUNOTTO	58
8.3.	JAKAMINEN.....	59
8.3.1.	<i>Esteet</i>	60
8.3.2.	<i>Edistäjät</i>	61
8.4.	KÄYTTÄMINEN.....	62
9.	JOHTOPÄÄTÖKSET	64
9.1.	TALOTEKNIIKAN ELINKAARIKUSTANNUSINFORMAATIO	64
9.2.	ELINKAARIKUSTANNUSINFORMAATION VÄLITYMISEN PARANTAMINEN	66
9.3.	TYÖN TAVOITTEIDEN ULKOPUOLISET HAVAINNOT	68
9.4.	TUTKIMUSTULOSTEN TARKASTELU.....	70
9.4.1.	<i>Kirjallisuustutkimus</i>	70
9.4.2.	<i>Empiirinen tutkimus</i>	70
9.5.	TULOSTEN MERKITYKSEN ARVIOINTI	72
	LÄHTEET	73
	LIITE A HAASTATTELujen Kysymysrunko	77
	LIITE B ENERGIANKULUTUSMITTAUKSET JA -LASKENTA	78
B.1	SÄHKÖNKULUTUS	78
B.2	LÄMMÖNKULUTUS	80
	LIITE C ILMANVAIHTOKOJEEN SÄÄTÖKAAVIO	84
	LIITE D ENERGIANKULUTUSMITTAUKSET	85
	LIITE E ESISUUNNITTELUVAIHEEN LÄMMÖNKULUTUSLASKELMAT	94

1. Johdanto

1.1. Tutkimuksen tausta

Elinkaariasioihin kiinnitetään yhä enemmän huomioita rakentamisessa ja kiinteistön ylläpidossa niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Tästä kertovat useat meneillään olevat elinkaariajatteluun liittyvät tutkimushankkeet. Kiinteistö- ja rakennusosalalla osa asiakkaista osaa jo vaatia energiataloudellisia ja muuntojoustavia ratkaisuja. Toisaalta monet yritykset rakennusosalalla ovat laajentamassa osaamistaan suhdanneherkstä urakoinnista tasaisempaa tuottoa antavaan kiinteistön ylläpitoon.

Elinkaariajattelua vaatii myös yhteiskunta lainsäädäntöjen ja ohjeiden muodossa. Näillä säädännöillä ja ohjeilla pyritään vähentämään rakennusten energiankulutusta ja täyttämään mm. Kioton sopimuksen asettamat kasvihuonekaasujen rajat. Suomen hiilidioksidipäästöistä 40% aiheutuu asuin- ja liikerakennusten lämmityksestä ja sähkönkäytöstä, joten talotekniikan merkitys päästöjen vähentämisessä on huomattava [36].

Talotekniikka on tärkeässä asemassa, kun käyttäjä arvioi rakennuksen tarjoaman palvelun laatua. Talotekniikan avulla tuotetaan käyttäjälle miellyttävä sisäilma, puhdas vesi sekä jokapäiväiseen elämiseen tarvittavat sähkö-, tietoliikenne- ja turvapalvelut. Taloteknisten järjestelmien elinkaarikustannuslaskennalla on merkitystä, sillä suuri osa järjestelmien kustannuksista syntyy niiden käyttöönoton jälkeen. Talotekniset järjestelmät kuluttavat energiaa ja aiheuttavat hoito- ja kunnossapitokustannuksia.

Elinkaaritaloudellisuus tulee entistä tärkeämmäksi yritysten tarjotessa koko talotekniikan elinkaaren käsittäviä palveluratkaisuja asiakkailleen. Tällaisissa hankkeissa yritys vastaa sekä järjestelmän rakentamisesta että ylläpidosta. Koska sama yritys vastaa koko järjestelmän elinkaaresta, on järkevää huomioida investointikustannuksien lisäksi käyttökustannuksia.

Kehittämällä elinkaarikustannusten hallintaa saadaan taloteknisten järjestelmien kokonaiskustannuksia pienemmiksi. Huomioimalla suunnittelussa ja toteutuksessa elinkaarikustannuksia voidaan tulevaisuudessa syntyviä käyttökustannuksia pienentää.

1.2. Tutkimuksen tavoite

Tässä työssä pyritään kehittämään talotekniikan elinkaarikustannusten hallintaa rakennushankkeissa. Työn tavoitteena on; Ensin selvittää minkälaista talotekniikan elinkaarikustannuksiin liittyvä informaatio on rakennushankkeessa ja toiseksi tutkia talotekniikan elinkaarikustannusinformaation välittymistä toteutuneen rakennushankkeen eri vaiheissa ja hakea menetelmiä elinkaarikustannusinformaation välittymisen parantamiseksi.

Elinkaarikustannusinformaatiolla ei tarkoiteta tutkimuksen yhteydessä niinkään euromääräisiä summia vaan asioita ja tekijöitä, joilla voidaan vaikuttaa elinkaarikustannuksiin.

1.3. Tutkimuksen laajuus ja rajaukset

Tässä työssä käsitellään useita tutkimuksen alueita. Kirjallisuusosuudessa luodaan katsaus rakentamistalouteen, talotekniikkaan, elinkaarikustannuslaskentaan ja tietämyksen hallintaan. Nämä aihepiirit nivotaan yhteen kirjallisuusosuuden loppupuolella, jotta tutkimuksen aiheesta saataisiin selkeämpi kuva. Käydään seuraavaksi lyhyesti läpi tutkimuksen aiheet ja aiheiden rajaukset.

Rakentamistaloutta käsittelevässä osuudessa esitellään rakennushankkeen vaiheet ja osapuolet. Tämä aihepiiri tutustuttaa lukijan rakennusalaan ja ympäristöön, jossa tutkimus on tehty. Rakentamistalouden aihepiiri käsitellään lyhyesti ja hyvin yleisellä tasolla.

Myös talotekniikan osuus käydään vain yleisellä tasolla läpi. Osuuden myötä tutustutaan talotekniikka käsitteeseen ja ymmärretään talotekniikan liittyminen laajempaan rakennuttamistoimintaan.

Elinkaarikustannuslaskenta -osion aluksi tutustutaan laajempaan elinkaarilaatukäsitteeseen. Tämän myötä ymmärretään, ettei elinkaariajattelu ole vain rahatalouteen liittyvää toimintaa vaan siihen liittyy myös paljon pehmeitä arvoja. Laajemman alustuksen jälkeen keskitytään pelkästään elinkaarikustannuksiin. Ensin käydään läpi elinkaarikustannuslaskennan perusperiaatteet ja myöhemmin tehdään perusteellisesti selkoa talotekniikan elinkaarikustannuksista. Elinkaarikustannuslaskentamenetelmiä ei käydä läpi, vaan paino on tekijöissä, joilla voidaan vaikuttaa elinkaarikustannuksien muodostumiseen.

Tietämyksen hallinta osuudessa käydään läpi aihepiiriin liittyvää käsitteistöä sekä esitellään informaation hallinta –prosessi. Nämä toimivat johdantona osion tärkeimpään aihealueeseen tiedon välittymiseen. Tiedon välittymisen teoria, tai kuten kirjallisuudessa puhutaan tiedon jakamisen teoria, tarjoaa tutkimukselle työkalut, jonka avulla tutkimustavoitteisiin pyritään vastaamaan. Distererin määrittelemistä tietämyksen hallinnan vaiheista, tiedon luominen, jakaminen,

kokoaminen, omaksuminen ja leviäminen, keskitytään tässä työssä enimmäkseen tiedon jakamiseen [9]. Tiedon luomista ei työssä käsitellä lainkaan ja muut tietämyksen hallinnan vaiheet tulevat lyhyesti esiteltyä niiden liittyessä tiedon jakamiseen. Tiedon luominen rajattiin pois työn aihepiiristä, sillä Nonakan ja Takeuchin esittämän tiedon luomisen prosessin ei koettu tuovan työlle lisäarvoa [25].

1.4. Tutkimusmenetelmät

Tämä työ koostuu kirjallisesta ja empiirisestä tutkimuksesta. Kirjallisuusosuus perehdyttää tutkimusongelman aihepiiriin ja siihen liittyvään käsitteistöön. Empiirisessä tutkimuksessa puolestaan tutustutaan rakennushankkeeseen, jossa sama yritys vastasi sekä talotekniikan toteutuksesta että ylläpidosta. Tätä tapaustutkimushanketta tarkastellaan kirjallisuudessa esille tulleilla menetelmillä.

Kirjallisuustutkimuksen tiedonlähteitä ovat kirjat, artikkelit ja tutkimusraportit. Näiden avulla tutustutaan rakentamistalouteen, talotekniikkaan, elinkaariajatteluun ja tietämyksen hallintaan. Nämä aihepiirit esitellään, jotta ymmärrettäisiin millaisessa ympäristössä tutkimus on tehty ja millaisin menetelmin tutkimuksen tavoitteisiin pyritään vastaamaan. Kirjallisuusosuuden lopuksi aiemmin käsitellyistä asioista muodostetaan synteesi, jotta näistä hyvin erilaisista aihepiireistä saataisiin yhteinen kokonaisuus.

Empiirinen tutkimus jakaantuu haastatteluosuuteen ja yhden taloteknisen järjestelmän elinkaarikustannusinformaation tarkasteluosuuteen. Haastatteluosuudessa hankkeen osapuolien kertomuksien ja asiakirjojen avulla selvitetään hankkeen yleinen kulku ja elinkaarikustannusinformaation osuus hankkeessa. Haastattelujen avulla myös analysoidaan elinkaarikustannusinformaation välittymistä hankkeessa. Lisäksi empiirisessä osassa tarkastellaan yhden taloteknisen järjestelmän elinkaarikustannusinformaatiota, jotta elinkaarikustannusinformaatiosta saataisiin konkreettinen esimerkki. Elinkaaritarkasteluosuudessa arvioidaan myös hankkeen alkuvaiheen elinkaarikustannusinformaation merkitystä vertaamalla elinkaarikustannuslaskelmien estimaatteja toteutuneisiin kustannuksiin. Empiirisen osan alussa tapaustutkimuskohteesta ja osuuden tutkimusmenetelmistä kerrotaan tarkemmin.

1.5. Aikaisemmat tutkimukset

Rakennusten elinkaarikustannuslaskentaa on kehitetty Suomessa 1970-luvulta lähtien. Aluksi tutkimukset keskittyivät erilaisten energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuteen. Myöhemmin energian hinnannousun pysähdyttyä alettiin kiinnittämään huomioita myös muihin ylläpitokustannuksiin. Rakennushankkeen kokonaiskustannusten määrittämiseen liittyvää tutkimusta on tehty ensin 80-

luvulla Tampereen teknillisessä korkeakoulussa ja myöhemmin 90-luvulla Teknillisessä korkeakoulussa (TKK). TKK:n Rakentamistalouden laboratorion tutkimuksissa on esitetty lähinnä puite elinkarikustannuslaskelmien suorittamiseksi ja esimerkkejä, jotka toimivat malleina laskelmien kulusta. Elinkarikustannuslaskennan tavoite on TKK:n tutkimuksissa ollut hankkeen ohjaaminen elinkaritaloudelliseen suuntaan. Laskelmilla on asetettu kustannustavoitteet, joihin hankkeessa ollaan sitten pyritty.

Pelkästään talotekniikan elinkarikustannuksiin keskittyviä tutkimuksia on Suomessa tehty vain muutamia. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) tutkimuksessa Huonekohtaisten talotekniikkajärjestelmien elinkarikustannukset kehitettiin laskentatyökalu suunnittelun alkuvaiheen tarpeisiin. Mittavampi aiheeseen liittyvä tutkimus oli Suomen Talotekniikan Kehityskeskuksen (TAKE) 1997 aloittama hanke, jonka tavoitteena oli kehittää elinkaritoimintakokonaisuutta talotekniikka-alalle. Hankkeen tuloksena syntyi laskentatyökalut elinkaariarviointiin ja elinkarikustannuslaskentaa.

Englanninkielistä tietämyksen hallinnan kirjallisuutta on olemassa runsaasti, mutta suomenkieliset teokset rajoittuvat muutamaankin kirjaan ja tutkimukseen. Niinpä alan suomenkieliset terminmääritelmät eivät ole vielä vakiintuneet [11]. Tämä seikka hankaloitti myös tämän tutkimuksen tekemistä ja sen takia alan käsitteitä englanninkielisine vastineineen on koottu seuraavan kappaleen käsiteluetteloon.

Rakennusalan tietämyksen hallinta on uusi tutkimuksen kohde. Suomenkielisiä julkaisuja aiheesta ei löytynyt ollenkaan ja muutamat löydetyt raportit olivat Englannista. Rakennusalan tietämyksen hallintaan liittyvä materiaali rajoittuikin muutamaankin lehtiartikkeliin ja Internetjulkaisuun.

1.6. Käsitteet

Elinkaariarviointi
Life cycle assessment (LCA)

Menettely, jossa selvitetään, mitä ympäristövaikutuksia tuotteella tai toiminnalla on koko sen elinkaaren aikana.

Elinkaarikustannus
Life cycle cost (LCC)

Laitteen tai järjestelmän elinkaaren hankinta-, käyttö-, kunnossapito- ja uusimiskustannusten nykyarvo.

Havaittava tieto
Explicit knowledge

Tietoa, joka on helposti esitettävissä. Tällainen tieto voidaan kuvata dokumentteina, numeroina ja kaavioina.

Hiljainen tieto
Tacit knowledge

Henkistä pääomaa, asenteita, henkilöstön osaamista ja kädentaitoa. Asioita mitä me osaamme tehdä, mutta emme osaa ilmaista miten sen teemme.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto

Tuloilman lämmityksessä käytetään hyödyksi poistoilman lämpösisältöä.

Tiedon jakaminen
Knowledge transfer

Tiedon välittämistä ja absorboitumista. Tiedon välittäminen käsittää tiedon lähettämisen tai esittämisen potentiaaliselle vastaanottajalle. Absorboituminen taasen on tiedon vastaanottamista ja sisäistämistä.

Tiedon jakamisen edistäjät
Enablers of knowledge transfer

Tiedon jakamista voidaan edesauttaa kehittämällä organisaation kulttuuria, teknologisia järjestelmiä ja infrastruktuuria.

Tiedon jakamisen esteet
Barriers of knowledge transfer

Tiedon jakaminen on kaikkea muuta kuin helppoa. Jakamista estää mm. fyysiset, ajalliset ja sosiaaliset tekijät.

Tietämys
Knowledge

Tietämys on arvokasta informaatiota. Tietämystä on esimerkiksi organisaatiossa oleva tieto omista tuotteista, prosesseista, onnistumisista ja virheistä.

Tietämyksen hallinta
Knowledge management

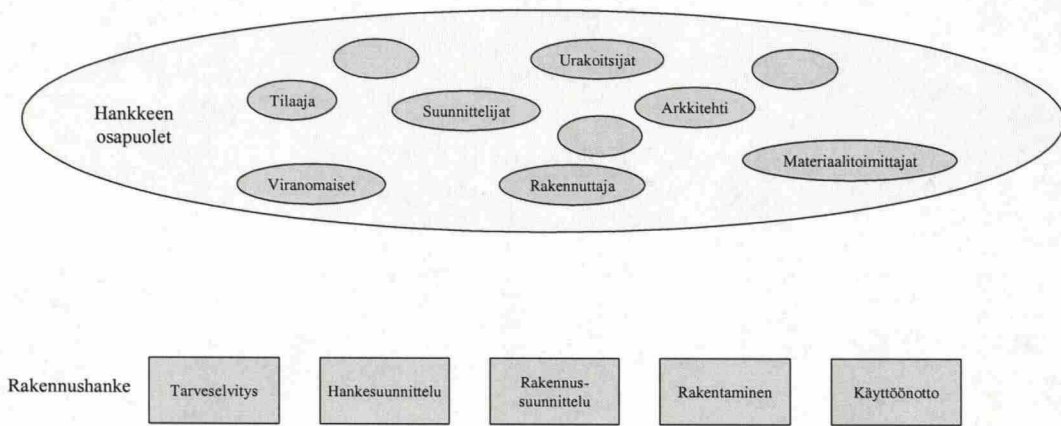
Suunnitelmallista toimintaa saada oikea tieto oikeille ihmisille oikeaan aikaan ja auttaa ihmisiä jakamaan ja ottamaan informaatio käyttöön tavalla, joka edistää koko organisaation suorituskyvyn parantamista.

Tilaohjelma

Esitys, jossa kuvataan hankkeeseen sisältyvät huonetilat pinta-aloineen.

2. Rakennuttaminen ja talotekniikka

Tässä luvussa tutustutaan ympäristöön, jossa tutkimus on tehty. Luku antaa yleiskuvan rakennusalan osapuolista ja rakennuttamisesta. Tämän lisäksi lukijalle esitellään talotekniikka käsite ja talotekniikan osuus rakennustoiminnasta. Luvun myötä lukijalle selkeytyy kuvan 2.1 mukaiset rakennushankkeen vaiheet ja hankkeen osapuolet.

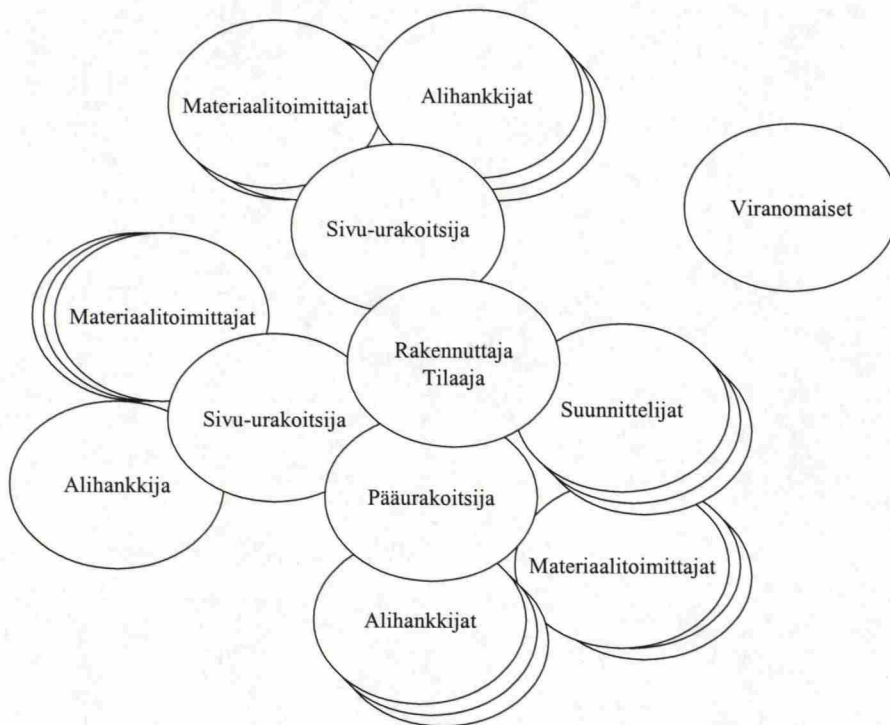


Kuva 2.1 Rakennushankkeen vaiheet ja osapuolet

2.1. Rakennushanke

2.1.1. Osapuolet

Rakentamisen osapuolia ovat tilaaja, käyttäjä, rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsijat, alihankkijat, materiaalitoimittajat ja viranomaiset (kuva 2.2).



Kuva 2.2 Rakentamisen eri osapuolet [17]

Tilaaja vastaa käyttäjän tarpeisiin tarjoamalla rakennettuja lopputuotteita. Tilaaja voi olla rakennuksen lopullinen käyttäjä tai ainoastaan hankkeen rahoittava osapuoli, joka aikoo vuokrata tilat eteenpäin eri käyttäjille. Käyttäjiä voivat olla mm. asukkaat, työntekijät ja vierailijat. Rakennushankkeessa tilaajan rooli on tärkeä. Tilaaja määrittää hankkeelle toiminnalliset, tekniset ja laadulliset vaatimukset sekä arvioi hankkeen laajuuden ja kiireellisyyden. Tilaaja myös maksaa hankkeen kustannukset.

Rakennuttaja hoitaa projektin läpiviennin ja vastaa siitä, että tilaajan tarpeet tyydytetään asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Rakennuttaja käynnistää tilaajan aloitteesta rakennushankkeen suunnittelun, huolehtii rakentamiseen liittyvästä päätöksenteosta ja organisoinnista sekä vastaa hankkeen kustannuksista. Lisäksi rakennuttaja laatii hanke aikataulun sekä valvoo suunnittelua ja toteutusta.

Suunnittelijat vastaavat rakennetun lopputuotteen fyysisestä suunnittelusta. Suunnittelutyöhön osallistuvat arkkitehti, rakennustekniset suunnittelijat, talotekniset suunnittelijat sekä pohjatutkijat.

Rakennustyöt voidaan toteuttaa rakennuttavan organisaation omana työnä tai urakoitsijoita käyttäen. Urakalla tehdyssä rakennustyössä urakoitsijat toteuttavat rakennussuunnitelmat rakennuttajan kanssa solmittujen sopimusten mukaisesti.

Materiaalitoimittajat ovat rakennustarvikkeita ja –materiaaleja myyvät yritykset. Rakennusmateriaalien ostaja voi olla urakoitsija tai rakennuttaja.

Viranomaisten tehtävä on valvoa rakennushankkeen lainmukaisuutta lakien, asetusten, eriasteisten kaavojen ja paikallisten määräysten sekä ohjeiden ja normien pohjalta. [40]

2.1.2. Vaiheet

Rakennushanke on vaikeasti hallittava kokonaisuus, joka saattaa kestää hyvinkin pitkän ajan ja johon liittyy monia osapuolia. Rakennushankkeen vaiheet ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen ja käyttöönotto [35]. Rakentamisen vaiheet, osapuolet ja vaiheissa tapahtuva toiminta on koottu taulukkoon 2.1.

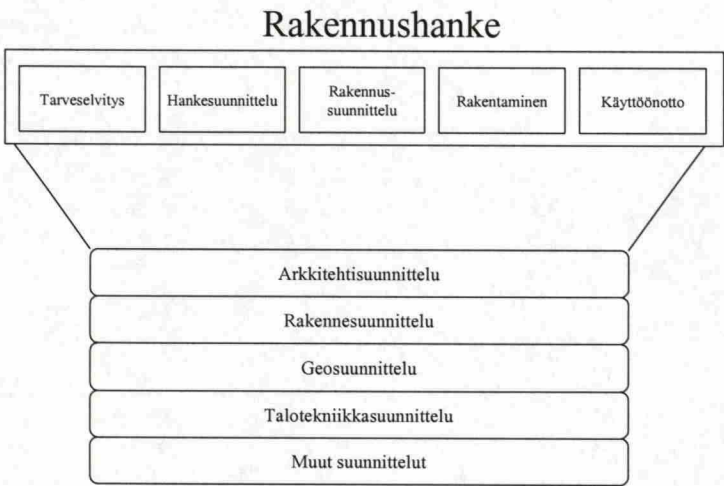
Taulukko 2.1 Rakennushanke

	Osapuolet ja roolit	Toiminta
Tarveselvitys	<ul style="list-style-type: none"> Käyttäjä kuvaa tarvitsemansa toimintaympäristön Rakennuttaja laatii toteutusvaihtoehtoja Suunnittelijat ovat asiantuntija-apuna 	<ul style="list-style-type: none"> Kuvaus tarvittavista tiloista ja niille asetetuista vaatimuksista, rakennustarpeen tyydyttämisen vaihtoehtoista sekä taloudellisista tavoitteista.
Hankesuunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> Käyttäjä määrittelee tarpeet Rakennuttaja toimii hankkeen läpiviennin asiantuntijana Suunnittelijat työstävät alustavat suunnittelutiedot Arkkitehti laatii tilaohjelman 	<ul style="list-style-type: none"> Tilaohjelma ja tilojen laatuvaatimukset Selvitys rakennuspaikasta Hankkeen budjetti ja rahoitussuunnitelma Suunnittelu- ja rakentamisaikataulu
Rakennus-suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> Arkkitehti Rakennesuunnittelijat Geosuunnittelijat Talotekniset suunnittelijat Muut suunnittelijat 	<ul style="list-style-type: none"> Ehdotussuunnittelu <ul style="list-style-type: none"> ➤ Vertaillaan vaihtoehtoisia ratkaisumalleja Luonnossuunnittelu <ul style="list-style-type: none"> ➤ Valitaan toteutuskelpoinen suunnitelma ➤ Rakennuksen sijoittuminen tontille ➤ Arkkitehtoninen, toiminnallinen ja tekninen yleisratkaisu ➤ Vaihtoehdot ohjaus- ja valvontajärjestelmistä Toteutussuunnittelu <ul style="list-style-type: none"> ➤ Laaditaan työpiirustukset, tekniset suunnitelmat ja laatuasiakirjat Täydentävä suunnittelu <ul style="list-style-type: none"> ➤ Rakennustyön aikana tapahtuva suunnitelmien täydentäminen

Rakentaminen	<ul style="list-style-type: none">• Rakennuttaja organisoii ja valvoo rakentamista• Suunnittelijat laativat suunnitelmat työmaatoita varten ja täydentävät aiempia suunnitelmia• Urakoitsija kokoaa työorganisaation, nimeää vastuhenkilöt, laatii aikataulut ja valvoo aliorakoitsijoiden työskentelyä• Viranomaiset seuraavat lakien, asetusten ja määräysten toteutumista valvonnalla ja katselmuksin	<ul style="list-style-type: none">• Rakentaminen toteutetaan valitun urakkamuodon puitteissa ja solmitun urakkasopimuksen mukaan.• Käyttöhenkilökunnan opastus teknisiin järjestelmiin.• Ennen rakennuksen luovutusta pidetään loppukatselmus ja vastaanottotarkastus
Käyttöönotto	<ul style="list-style-type: none">• Käyttäjä• Rakennuttaja• Urakoitsijat	<ul style="list-style-type: none">• Käyttäjien perehdytys rakennuksen käyttöön• Huollon ja kunnossapidon järjestäminen

2.1.3. Yhteistyö

Rakennushanke edellyttää eri alojen suunnittelijoiden yhteistyötä (kuva 2.3). Normaalissa talonrakennushankkeessa suunnitteluun osallistuvat ainakin arkkitehti, rakenne- ja geosuunnittelijat sekä talotekniset suunnittelijat, kuten lämpö-, vesi-, ilmastointi-, sähkö-, automaatio ja tietojärjestelmäsuunnittelijat. Kohteesta riippuen saattaa mukana olla myös muita suunnittelijoita, kuten sisustussuunnittelija, akustiikan suunnittelija ja maisemasuunnittelija.

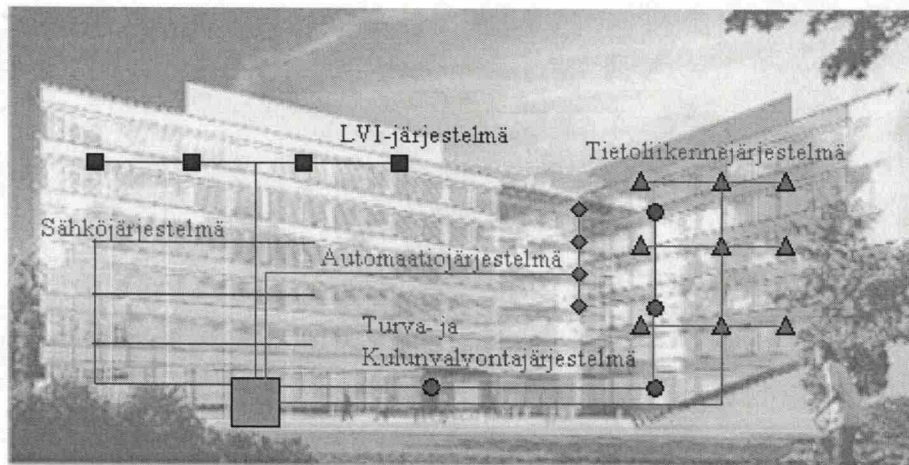


Kuva 2.3 Rakennushankkeeseen osallistuvat suunnittelijat

2.2. Talotekniikka

Talotekniikka toimii ihmisen ja ympäristön hyväksi [38]. Talotekniikan avulla tuotetaan rakennuksen käyttäjälle miellyttävä sisäilma, puhdas vesi sekä jokapäiväiseen elämiseen tarvittavat sähkö-, tietoliikenne- ja turvapalvelut. Energian säästö ja ympäristöpäästöjen vähentäminen kuuluvat myös talotekniikan tavoitteisiin.

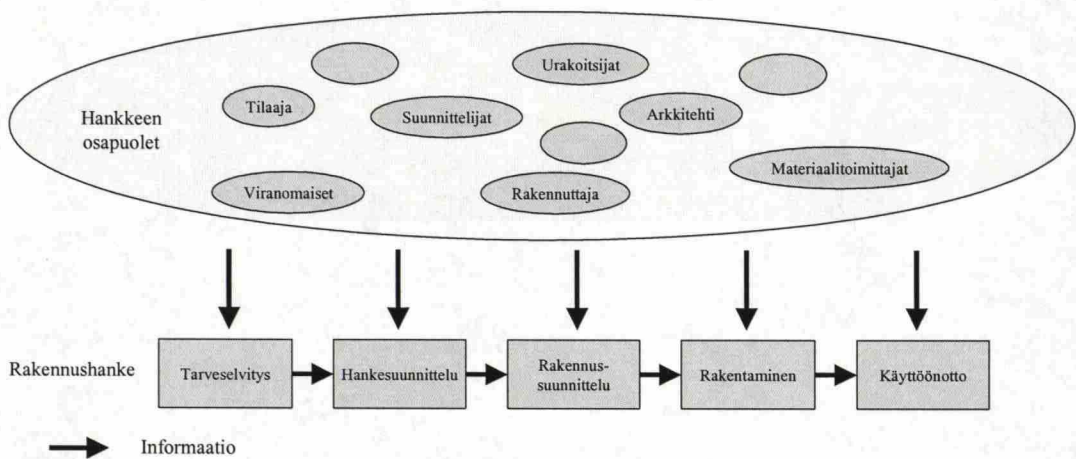
Talotekniikka käsittää laajan joukon rakennuksen järjestelmiä (kuva 2.4). Talotekniikkaan kuuluvat lämpö-, vesi-, ilmastointi-, sähkö-, jäähdytys-, turvallisuus-, kulunvalvonta-, tele- ja data-, automaatio- sekä sprinkleri- ja muut palojärjestelmät [38]. Toisaalta käyttäjien vaatiessa entistä toimivampia, helppokäyttöisempiä ja vähemmän energiaa käyttäviä ratkaisuja ja toisaalta uusien teknologioiden tullessa alalle, on talotekniikan osuus rakennuksen investointikustannuksista ollut jatkuvassa kasvussa. Uusissa liikekiinteistöissä talotekniikan osuus investointikustannuksista on jopa yli 40% [36].



Kuva 2.4 Taloteknisiä järjestelmiä

3. Elinkaariajattelu

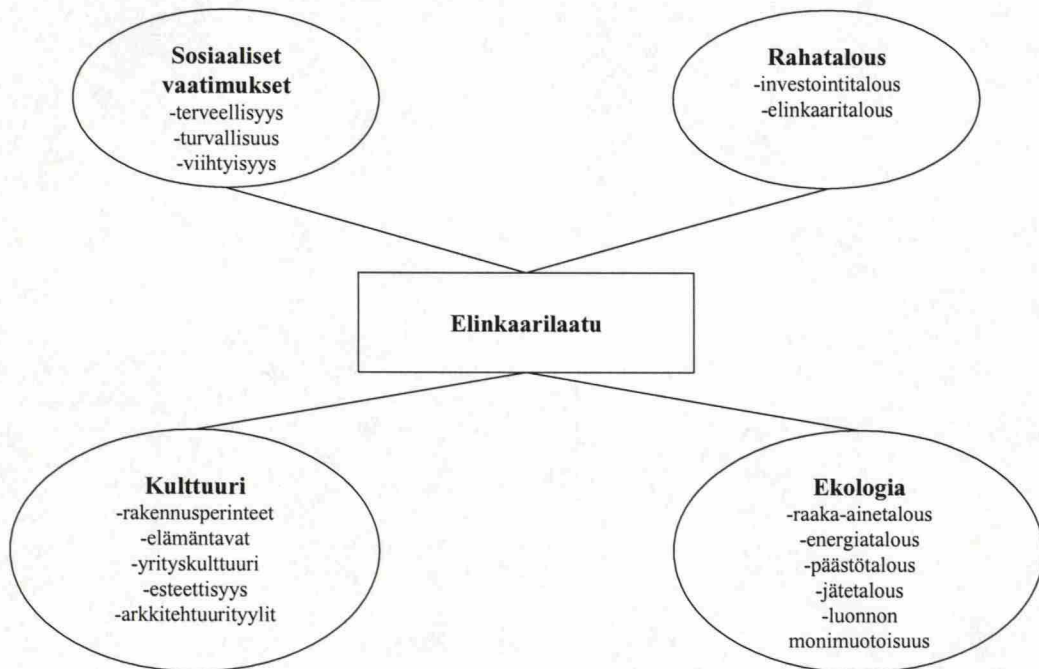
Tämän luvun idea on esitellä tutkimuksessa tarkasteltava informaatio. Luvun aluksi tutustutaan elinkaarilaatu -käsitteeseen ja tämän jälkeen lähemmin elinkaarikustannuksiin. Elinkaarilaatu antaa lukijalle kuvan, kuinka laajasta käsitteestä elinkaariajattelussa on kyse. Elinkaarilaatu -kappaleen jälkeen keskitytään elinkaarikustannuksiin ja luvun loppuun tarkemmin talotekniikan elinkaarikustannuksiin. Elinkaarikustannusinformaation välittymistä rakennushankkeen osapuolien ja hankkeen välillä sekä hankkeen sisällä on havainnollistettu kuvassa 3.1.



Kuva 3.1 Elinkaarikustannusinformaation välittyminen

3.1. Elinkaarilaatu

RIL 216-2001 Rakenteiden elinkaaritekniikka -kirjassa rakennusten elinkaarta tarkastellaan sosiaalisista, taloudellisista, kulttuurisista ja ekologisista näkökulmista (kuva 3.2). Tällaista laaja-alaista elinkaariajattelua nimitetään elinkaarilaaduksi. Elinkaarilaatu määritellään seuraavasti: ”Kestävällä tavalla laadukas rakennus täyttää omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan vaatimukset koko elinkaaren ajan hallitulla ja optimoidulla tavalla.” [30]



Kuva 3.2 Elinkaarilaadun keskeiset näkökulmat ja vaatimusluokat [30]

Rakennuksen elinkaarilaatua tukee elinkaarisuunnittelu. Elinkaarisuunnittelussa ei tarkastella pelkästään investointikustannuksia vaan koko elinkaaren ajan kustannuksia. Elinkaarisuunnittelu vaatii rahallista lisäatsausta suunnittelukustannuksiin verrattuna perinteiseen rakennussuunnitteluun, mutta sen tuloksena on rakennuksen käytettävyyden, käyttövarmuuden ja tulevaisuusarvon merkittävä kohoaminen ja varmistuminen. Elinkaarisuunnittelussa laajennetaan suunnittelun näkökulmia rahataloudesta ekologiaan, turvallisuuteen, terveellisuuteen, viihtyisyyteen ja rakennuskulttuuriin. Kaikkien näiden käsitteiden tarkastelut ulotetaan koko elinkaaren ajalle. Integroitu elinkaarisuunnittelu huomioi nämä näkökulmat ja sen avulla optimoidaan sekä koko rakennusratkaisu että osaratkaisut monitavoitteisen optimoinnin menetelmillä.

Sosiaaliset vaatimukset ovat turvallisuus, terveellisyys ja viihtyvyys. Turvallisuus kattaa tekijät työmaan aikaisesta turvallisuudesta rakennuksen käytön ja purkamisen turvallisuuteen asti. Turvallisuus varmistetaan asiantuntevalla suunnittelulla ja valvonnalla. Rakennusten terveellisyys on hyvin tärkeä elinkaarilaadun tekijä. Terveellisessä rakennuksessa rakennusmateriaalit eivät ole haitallisia, rakenteissa ei ole kosteusongelmia ja sisäilmaston laatu on hyvä. Viihtyisyys käsittää rakennuksen ulkonäköön ja tilojen koettavuuteen liittyvät asiat. Viihtyvyyden osatekijöitä ovat mm. rakenteiden muotoilu, pintojen laatu ja sisäilmasto.

Rahataloudessa käsitellään rakennuksen investointikustannuksia tai koko elinkaaren ajan kustannuksia. ”Elinkaarikustannukset sisältävät rakentamis-, käyttö-, huolto-, korjaus-, muutos- ja uusimiskustannukset laskettuina nykyarvoksi tai vuosikustannuksiksi käyttämällä kuhunkin tapaukseen soveltuvaa reaalikorkokantaa.” [30]

Rakennusten suunnitteluun vaikuttaa myös kulttuuriset asiat, kuten rakennusperinne, elämäntapa, esteettisyyskäsitteet, arkkitehtuurin tyyliuunnat ja trendit. Rakennusperinteestä esimerkkinä toimii eurooppalaisten rakennuksen pitkäikäisyyttä korostava perinne. Euroopassa rakennusten käyttöikäksi mielletään lähes sata vuotta, kun Japanissa 90-luvulla purettujen rakennuksien keski-ikä oli noin 30 vuotta.

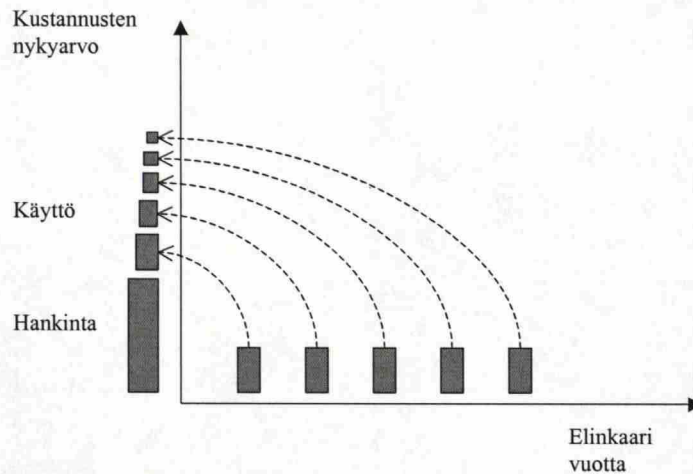
Rakennuksen ekologisuus arvotetaan osittain numeerisesti ja osittain laadullisesti. Numeerisesti voidaan käsitellä energian ja raaka-aineiden kulutusta sekä päästöjä ilmaa, maahan ja veteen. Laadullisena tekijänä käsitellään mm. luonnon monimuotoisuuden pienenemistä. Rakennus aiheuttaa ympäristöhaittoja koko elinkaarensa aikana eli

- Materiaalien ja laitteiden valmistuksessa
- Kuljetuksissa
- Työmaatuotannossa
- Käytössä
- Huollossa ja ylläpidossa
- Purkuvaiheessa
- Uudelleen- ja uusiokäytössä
- Purkujätteen käsittelyssä ja loppusijoituksessa

Tärkeä suunnittelun tekijä on rakennusten toimivuus, jolla tarkoitetaan käytettävyyttä ja teknistä toimivuutta. Käytettävyyden tekijöitä ovat rakennuksen kyky vastata tilaajan käyttövaatimuksiin ja kyky mukautua vaatimusten ja käyttötarkoitusten muutoksiin. Rakennusten pitkästä elinkaaresta johtuen käyttäjien odotukset ja vaatimukset todennäköisesti muuttuvat jossain vaiheessa elinkaarta. Rakennuksen vuokralainen voi vaihtua tai yrityksen organisaatio voi muuttua. Toinen toimivuuteen vaikuttava tekijä on tekninen vanhanaikaistuminen. Vanhanaikaistuminen merkitsee sitä, että rakennus tai rakennusosa ei enää täytä sillä asetettuja vaatimuksia. Teknisen vanhanaikaistumisen lisäksi voi olla taloudellista, esteettistä, terveydellistä, kulttuurista ja ekologista vanhanaikaistumista.[30]

3.2. Elinkaarikustannuslaskenta

Elinkaarikustannuslaskennassa tarkastellaan valitun ajanjakson tulevia kustannuksia ja tuottoja. Olennainen osa elinkaarikustannuslaskelmia on koron huomioiminen (kuva 3.3). ”Investointien vaikutuksethan ulottuvat aina pitkälle aikavälille. Koska raha kasvaa korkoa, eivät eri ajankohtina syntyvät tuotot ja kustannukset ole sellaisenaan vertailukelpoisia.” [32] Korko pitää huomioida, sillä euro tänään on arvokkaampi kuin euro huomenna.



Kuva 3.3 Elinkaarikustannuslaskennassa vuosikustannuksen nykyarvo on sitä pienempi, mitä kauempana nykyhetkestä kyseinen vuosikustannus on. Samoin nykyarvo on sitä pienempi, mitä suurempi on laskentakorkokanta. [36]

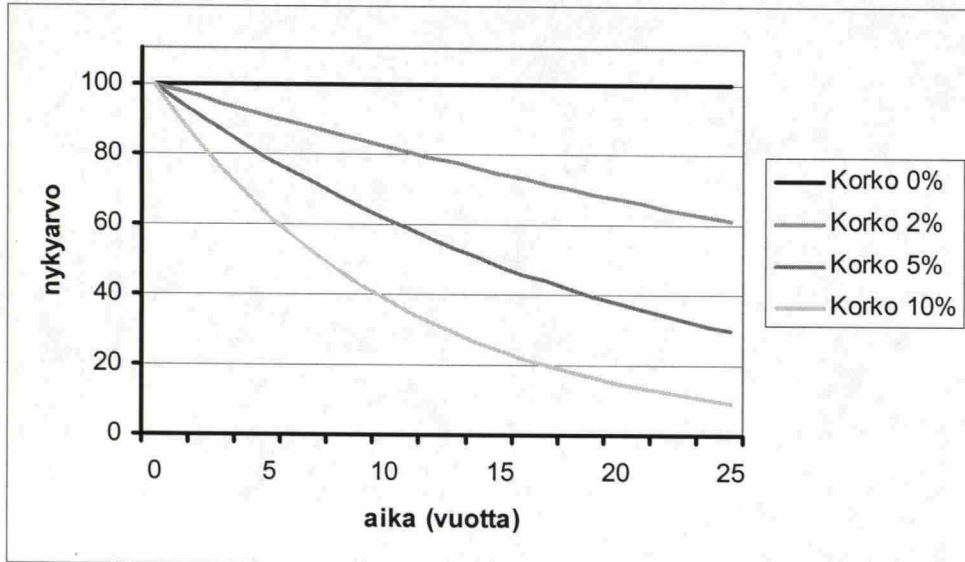
Flanagan ja ym. määrittelevät elinkaarikustannuslaskelmien perusideaksi, että käyttämällä hieman ylimääräistä rahaa investointiin saadaan tulevaisuuden kustannuksia pienemmiksi [12]. Tämä määritelmä pitää vain osittain paikkaansa, sillä varmasti joissain tapauksissa edulliset investoinnit voivat osoittautua myös elinkaarikustannuksiltaan kalliimpia investointeja halvemmiksi. Flanagan ja ym. luettelevat lisäksi suurempien investointikustannuksien hyödyiksi abstraktit etuudet, kuten esteettisyyden ja toimintavarmuuden [12]. Monesti näitä abstrakteja ominaisuuksia on vaikea arvioida lukuina. Kuitenkin abstraktitkin asiat ovat tärkeitä seikkoja ja ne tulisi huomioida vertailtaessa vaihtoehtoisia järjestelmiä.

Elinkaarikustannuslaskentaa voidaan hyödyntää:

- Arviointitekniikkana helpottamassa kilpailevien vaihtoehtojen valinnassa.
- Pohjana arvioitaessa tulevia kustannuksia.
- Johdon työkaluna varmistamassa, että laitosta käytetään tehokkaasti ja että rahalle saadaan paras vastine.
- Pohjana budjetoitaessa tulevia kustannuksia.
- Keinona huomioitaessa kokonaiskustannuksia pelkkien investointikustannuksien sijasta.[12]

3.2.1. Koron vaikutus

Diskonttauskorko on yleensä kriittinen muuttuja analyyseissä, joten valitulla korolla on suuri vaikutus päätöksiin (kuva 3.4). Liian suuri korko suosii lyhyen aikavälin ja pienen pääoman vaihtoehtoja. Liian pieni korko antaa taas kohtuuttoman painoarvon tulevaisuuden kustannussäästöille. [12]



Kuva 3.4 Koron vaikutus nykyarvoon

3.2.2. Epävarmuuksien huomioiminen

Elinkaarikustannuslaskentaan liittyvä matematiikka on sinänsä yksinkertaista. Haasteellista kuitenkin on mukaan otettavien tekijöiden arvioiminen, sillä laskentavaiheessa rakennuksen käyttötapa ei ole vielä tarkoin tiedossa. [36]

Elinkaarilaskelmat ovat vahvasti riippuvaisia ennustetuista kustannuksista ja tuotoista. Osa näistä ennustuksista on vain asiantuntijoiden parhaita arvauksia. Ennusteiden tekeminen varsinkin kauas tulevaisuuteen on vaikeaa. Oletuksia joudutaan tekemään, kun lukuja tai laadullista tietoa ei ole tai ne ovat epäluotettavia. Myös tiedon ja oletuksien valintaan liittyy epävarmuuksia. Esimerkiksi laitteen käyttöikää määritettäessä tehdään oletuksia laitteen käytöstä ja huollosta. Sama laite voi kestää hyvin huollettuna 20 vuotta, mutta ilman huoltoa vain viisi vuotta. Varsinkin rakennusten osalta vertailu- ja historiatiedon käyttäminen on vaikeaa. Jotta eri rakennuksien tietoja voitaisiin vertailla, täytyisi rakennuksien olla saman ikäisiä, sijaita samalla paikalla ja rakenteiden, teknisten ratkaisujen ja käyttötarkoitusten tulisi olla samanlaisia. Luvut eivät todennäköisesti kuitenkaan paljasta piilotettuja seikkoja, kuten jäljellä olevaa käyttöikää, tarvittavia muutostöitä tai tekemättömiä huoltotöitä. Epävarmuustekijöitä voidaan käsitellä laskelmissa herkkyyshanalyysillä tai todennäköisyyksillä. [12]

Herkkyysanalyysissa tarkastellaan jokaista lähtöarvoa erikseen ja selvitetään kuinka paljon lähtötiedon muuttaminen vaikuttaa laskelman lopputulokseen. Lisäselvitystyö fokusoidaan lähtöarvoihin, joilla on suurin merkitys lopputulokseen. Näin selvitystyöt keskittyvät olennaisiin seikkoihin ja laskelmien lopputulokset tarkentuvat. [12]

Toinen tapa huomioida epävarmuustekijät on laskea muuttujille odotusarvoja. Muuttujille määritetään ensin lukuarvot ja sitten todennäköisyydet, joilla nämä arvot toteutuvat. Lopuksi odotusarvo lasketaan summaamalla lukuarvojen ja todennäköisyyksien tulot. [6]

Esimerkiksi laitetta X tullaan tarvitsemaan rakennuksen käyttäjämäärästä riippuen 40, 55 tai 70 kappaletta. Asiantuntijat ovat määrittäneet, että 40 laitetta tarvitaan todennäköisyydellä 0,1, 55 laitetta todennäköisyydellä 0,5 ja 70 laitetta todennäköisyydellä 0,4. Laitemäärän odotusarvo

$$E = 40 \times 0,1 + 55 \times 0,5 + 70 \times 0,4 = 59,5$$

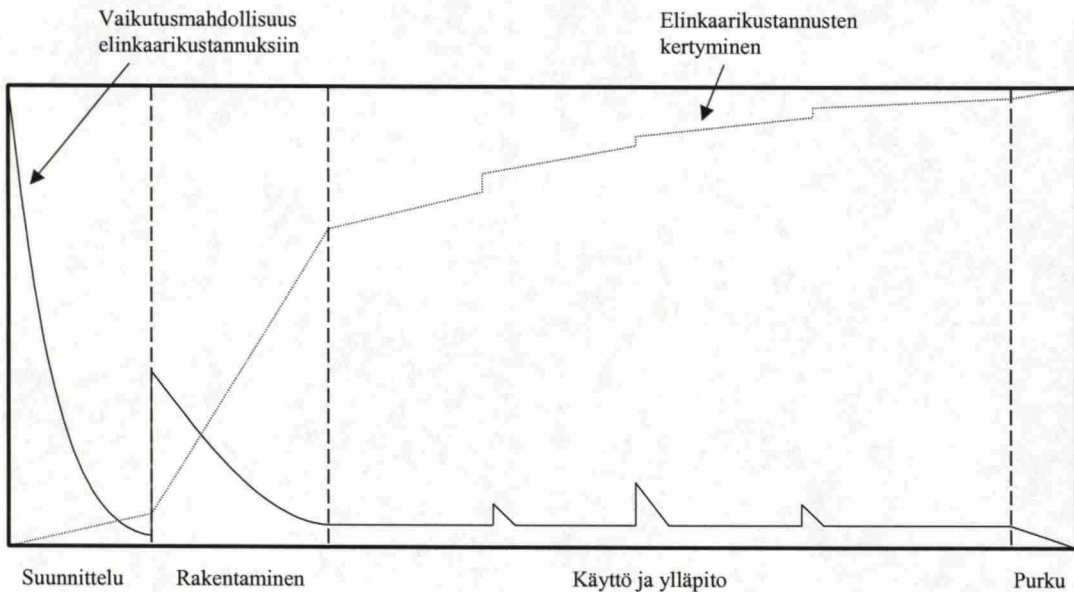
Odotusarvo on parempi ennuste kuin mediaani, keskiarvo tai todennäköisin arvo varsinkin todennäköisyysjakauman ollessa vinoutunut. [6]

3.2.3. Tarkasteluajanjakso

Laskelmien tarkisteluajanjakso voi olla rakennuksen, järjestelmän tai komponentin elinikä tai muuten määritetty ajanjakso, esimerkiksi käyttäjän tekemä 15 vuoden vuokrasopimus. Analysoitava ajanjakso on määriteltävä aina tapauskohtaisesti. Jos tarkastelujakso on lyhyempi kuin kohteen elinikä, lisätään jäännösarvoksi tarkasteltavan kohteen markkina-arvo. Huomioitavaa kuitenkin on, että myöhäisessä vaiheessa tulevat kustannukset tai tuotot eivät merkittävästi vaikuta laskelmien tuloksiin.[12]

3.3. Laskelmien hyödyntäminen eri hankevaiheissa

Rakennushankkeen eri vaiheissa tehdään päätöksiä, jotka vaikuttavat elinkaarikustannuksiin. Tätä päätöksien vaikutusta tuleviin elinkaarikustannuksiin esitetään kuvassa 3.6.



Kuva 3.6 Mahdollisuudet vaikuttaa talotekniikkajärjestelmän elinkaaren aikaisiin kustannuksiin rakennushankkeen eri vaiheissa [21]

Hankkeen alkuvaiheen päätöksillä on suuret vaikutukset koko elinkaaren aikaisten kustannusten muodostumiseen. Tarveselvitysvaiheessa tilan tarpeen ollessa vielä epäselvä vertaillaan karkeasti toteutusvaihtoehtojen elinkaarikustannuksia aikaisempien kokemusten perusteella. Hankesuunnittelun aikana selvitetään tarkemmin tilan tarve ja laatuvaatimukset. Näiden vaatimusten perusteella tehdään tarkennettuja laskelmia taloteknisten järjestelmien vaihtoehtoista. Hankesuunnittelun lopussa tehtävä talotekniikkajärjestelmän valinta lyö pitkälti lukkoon elinkaarikustannusten raamit.

Luonnos- ja toteutussuunnitteluvaiheessa suunnitelmia vielä tarkennetaan ja elinkaarilaskelmat ulotetaan laite ja komponentti tasolle. Suunnitteluvaiheiden aikana järjestelmä- ja laiteratkaisut tehdään lopullisesti.

”Rakennusvaiheen aikana tuotteiden valinnalla, asennuksella, virityksellä ja erilaisilla tarkastuksilla luodaan lopullinen pohja laitteiden järkevälle käytölle. Rakentamisvaiheen huonolla laatutasolla voidaan heikentää oleellisesti käyttö- ja ylläpitovaiheen lähtökohtia.” [21]

Käyttövaiheen aikana ylläpidetään rakennuksen vaadittu toimintataso hoito- ja kunnossapito tehtävin. Käyttövaiheessa seurataan suunniteltujen ylläpitokustannusten toteutumista ja ryhdytään tarvittaessa säätö- ja korjaustoimenpiteisiin.[21]

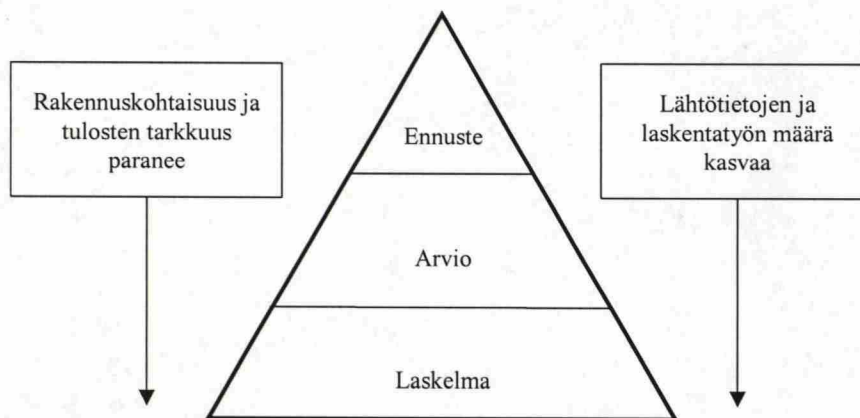
3.4. Laskentamenetelmien luokittelu

Elinkaarikustannusten laskentaa voidaan hyödyntää budjetoinnissa hankesuunnitteluvaiheessa, suunnitteluratkaisujen ohjauksessa ja urakkahintaennusteiden laadinnassa. ”Eri vaiheissa laskelmien tarkkuustavoite vaihtelee, esimerkiksi hankesuunnittelun aikana on tärkeää vertailla eri vaihtoehtoja. Absoluuttiset arvot sinällään voivat olla epätarkkoja. Suunnitteluvaiheen edetessä absoluuttisten arvojen oikeellisuuden merkitys korostuu ja urakkahintaennusteen pohjaksi laadittavien laskelmien tulisi olla luonnollisesti varsin luotettavia.” [21]

Elinkaarilaskelmat voidaan jakaa käyttötarkoituksen ja tarkkuustavoitteen mukaan kolmeen luokkaan :

1. Budjetointi: ”Elinkaarikustannusennuste”
2. Suunnitteluratkaisujen ohjaus: ”Elinkaarikustannusarvio”
3. Urakkalaskentavaihe: ”Elinkaarikustannuslaskelma”

Kuvassa 3.7 esitetään eri tarkkuustasoiset elinkaarikustannuslaskelmat ja laskelmien hierarkia.



Kuva 3.7 Elinkaarikustannuslaskentamenetelmien hierarkia [21]

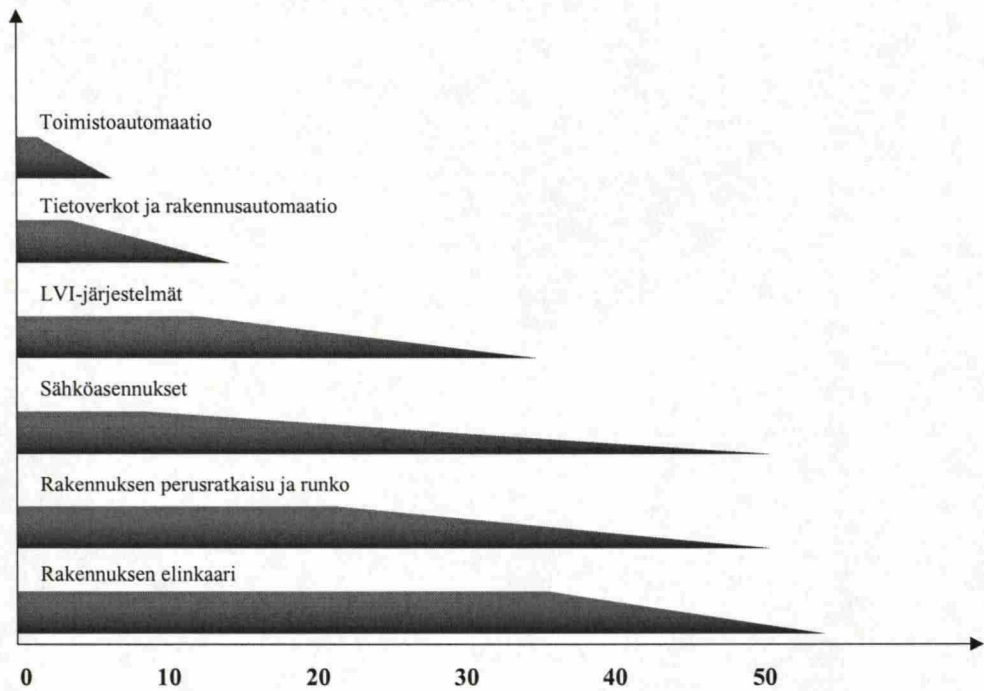
Eri elinkaarikustannuslaskelmien sisältöä ja käytettyjä tunnuslukuja kuvaa taulukko 3.1. Elinkaarikustannusennustetta tehdessä käytetään laskelmien lähtöarvoina referenssirakennuksen kustannustietoja. Kustannusarvioissa otetaan huomioon järjestelmävalinnat ja niiden laatutaso. Elinkaarikustannuslaskelmassa hyödynnetään laiteluettelosta saatavat tiedot, joiden perusteella voidaan laskea €/yks. olevia kustannuksia.[21]

Taulukko 3.1 Eri elinkaarilaskelmien sisältö ja käytetyt tunnusluvut [21]

Elinkaari-laskelmavaihe	Investointikustannus	Hoito- ja kunnossapito-kustannukset	Energiakustannukset
Ennustetaso	Referenssirakennuksen perusteella (€/m ²)	Prosenttia investointikustannuksista (% inv. kust.)	Referenssirakennuksen perusteella (€/m ²)
Arviotaso	Tilaohjelman, laatuluokan ja laitekannan perusteella (€/ m ² , €/kW jne.)	Järjestelmäkokonaisuuk-sien hoito- ja kunnossapitotarpeen perusteella (h/TV-kone)	Sähköenergian- ja lämmitysenergian mitoitukseen suhteutettujen kulutusten perusteella (€/MWh, €/kW)
Laskelmataso	Järjestelmäkohtaisten tietojen ja yksityiskohtaisen laiteluettelon perusteella (€/yks.)	Laitekannan edellyttämän hoito- ja kunnossapitotarpeen perusteella (€/yks., €/vuosi)	Yksikkökohtaisten sähkö- ja lämmitysenergian-kulutusten perusteella (€/MWh)

3.5. Talotekniikan elinkaarikustannuslaskenta

Talotekniset järjestelmät ovat tärkeässä roolissa tarkasteltaessa rakennusten elinkaarikustannuksia. Järjestelmät kuluttavat sähkö- ja lämpöenergiaa ja aiheuttavat hoito- ja kunnossapitokustannuksia. Lisäksi taloteknisten järjestelmien tekniset että taloudelliset käyttöiät ovat tyypillisesti lyhyempiä kuin rakennusteknisten järjestelmien (kuva 3.5).



Kuva 3.5 Rakennuksen tekniikoiden vanhanaikaistuminen [27]

3.5.1. Kustannuserät

Talotekniikan elinkaarikustannuslaskelmat muodostuvat seuraavista osista:

1. Investointikustannukset
2. Käyttökustannukset
 - 2.1. Energiakustannukset
 - 2.2. Hoitokustannukset
 - 2.3. Kunnossapitokustannukset
3. Jäännösarvo

Investointikustannukset muodostuvat laitteen tai järjestelmän hankintahinnasta ja välillisistä kustannuksista. Hankinta hintaan sisältyy laitteen hinta sekä asennus- ja kuljetuskulut. Välillisiä kustannuksiin huomioidaan puolestaan rahoituskustannukset ja muut välilliset kustannukset, kuten ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (IV-lämmöntalteenoton) avulla saatava kaukolämmön liittymismaksun pienentyminen. [36]

Käyttökustannukset jaetaan energiakustannuksiin, jatkuvasti talotekniikan käytöstä aiheutuviin hoitokustannuksiin ja epäsäännöllisesti syntyviin kunnossapitokustannuksiin. Energiakustannukset käsittävät laitteiden ja järjestelmien aiheuttamat lämmitys- ja sähköenergiakustannukset [36]. Hoitokustannuksia ovat mm, ennakoivat huoltotyöt sekä niihin liittyvät tarvehankinnat kuten suodattimet ja kiilahihnat. Kunnossapitokustannuksilla taas tarkoitetaan toimenpiteitä, joiden tarkoitus on korjaamalla tai uusimalla säilyttää talotekninen järjestelmä ja siihen kuuluvat laitteet ja varusteet alkuperäistä vastaavassa kunnossa [21]. Kunnossapito on ennalta suunniteltua toimintaa, jossa kunnossapidon kohde käydään kokonaisuudessaan läpi sen varmistamiseksi, että kohde on kaikilta osin kunnossa [19].

Jäännösarvo on arvo, joka investoinnilla on pitoajan päättyessä. Jäännösarvo voi olla positiivinen tai negatiivinen sen mukaan, peittävätkö laitteen myynnistä saadut tulot purku, hävittämis-, kierrätys- ja kaatopaikkamaksut. [36]

Suurin osa talotekniikan elinkaarikustannuksista syntyy investointi- ja käyttövaiheessa. Tutustutaan näihin kustannuseriin vielä tarkemmin.

3.5.2. Käyttökustannukset

Talotekniikan osuus rakennuksen käyttökustannuksista on merkittävä. TAKE:n tutkimuksessa selvisi, että päiväkotityyppisessä rakennuksessa talotekniikan osuus käyttökustannuksista on noin 70 % [2]. Koko rakennuksen kannalta olennaisia käytön aikaisia kustannuseriä ovat energian- ja vedenkulutus [14]. Juuri taloteknisillä järjestelmillä säädellään suurinta osaa tästä kulutuksesta.

Energiakustannuksissa pyritään säästämään mm. mitoittamalla ilmanvaihtolaitteet oikein, vähentämällä lämpöhäviöitä, ohjaamalla ilmastointia ja valaistusta läsnäolon mukaan ja käyttämällä ilmanvaihtojärjestelmässä lämmöntalteenottoa.

Jotta nämä keinot toisivat säästöjä, täytyy järjestelmät asentaa ja säätää oikeaoppisesti ja käyttää suunnitellusti.

Sainion artikkelissa on esimerkkilaskelmin osoitettu, että hankintahinnaltaan kalliimpi ratkaisu voidaan perustella edullisemmaksi elinkaarikustannustensa puolesta [33]. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotto todettiin kannattavaksi. Kuitenkaan aina energian säästökeinot eivät pienennä koko elinkaaren aikaisia kustannuksia. Saari ja Mäkelä osoittivat tutkimuksessaan, ettei pienkerrostalon ilmanvaihtoa kannata elinkaaritaloudellisesti toteuttaa lämmöntalteenotolla [32]. Lämmöntalteenotto toi kyllä energiasäästöjä, mutta sen investointikustannukset olivat kolminkertaiset verrattuna poistomurilla varustettuun ilmanvaihtojärjestelmään. Lämmöntalteenoton myötä aiheutuva säästö lämpöenergiakustannuksissa ei siis riitä kattamaan kalliita rakennuskustannuksia. Jotta lämmöntalteenotto olisi taloudellisesti kannattava, täytyisi ilmanvaihtomäärien olla suuremmat. Kuitenkin jos taloudellisten seikkojen lisäksi arvioidaan myös ympäristön kuormat, tulee lämmöntalteenotosta pienkerrostaloissakin kannattava investointi [32]. Energian säästöön pyrkivien järjestelmien kannattavuutta koko elinkaaren aikana joudutaan tarkastelemaan tapauskohtaisesti. Järjestelmien kannattavuus riippuu paljolti laskentakorosta, tilan käyttöajasta ja asetuista laatuvaatimuksista. ”Voidaankin sanoa, että energiatehokkaiden, helposti huollettavien ja kestävien järjestelmien elinkaarivaikutukset korostuvat alhaisilla laskentakoroilla ja näiden ominaisuuksien myönteiset kustannusvaikutukset lähes häviävät, mikäli tuottovaatimukset asetetaan kovin korkealle.” [21]

Hoito- ja huoltokustannuksien arviointi on vaikeaa, sillä kustannuksiin vaikuttaa valittu järjestelmä, huollon laatutaso sekä huoltoyhtiön veloitusperiaatteet ja toimintatavat. Toiset järjestelmät vaativat usein tapahtuvaa huoltoa, kun toiset järjestelmät toimivat pitkiäkin aikoja ilman erityistä huolenpitoa. Huollon laadulla on merkitystä, sillä hyvä huolto korjaa investoinneissa syntyviä puutteita. ”Toisaalta puutteellinen huolto mitätöi hyvätkin talotekniset ratkaisut, eikä toimintataso, samalla kiinteistön palvelutaso, saavuta sille asetettuja tavoitteita.” [36]

Myös kunnossapitokustannuksien arvioiminen on vaikeaa, sillä laitteiden käyttöympäristöllä ja kunnossapidon tasolla on suurta merkitystä laitteiden käyttöikänsä. Hyvissä olosuhteissa ja laadukkaalta kunnossapidolla laite voi kestää 50 vuotta, mutta huonoimmassa tapauksessa vain muutaman vuoden. [21]

Hoito- ja kunnossapitokustannuksien arvioinnin vaikeuden huomaa myös tarkasteltaessa talotekniikan elinkaarilaskentaan liittyviä aikaisempia tutkimuksia. Nämä kustannuserät on arvioitu perustuen tilastoituihin huoltokustannuksiin, prosenttiosuuksiin investointikustannuksista tai pelkkiin arvioihin. Saaren ja Mäkelän tutkimuksessa poistomurilla varustetun ilmanvaihtojärjestelmän hoito- ja kunnossapitokustannukset olivat noin 5 % ja lämmöntalteenotolla varustetun järjestelmän noin 10 % koko elinkaaren kustannuksista [32]. Taasen huonekohtaisten ilmastointijärjestelmien vastaavat kustannukset olivat noin 40 % [21]. Näin suuret erot hoito- ja huoltokustannuksissa selittyvät osittain sillä, että huonekohtainen ilmastointijärjestelmä sisältää enemmän laitteita ja komponentteja

kuin pelkkä ilmanvaihtojärjestelmä ja lisäksi nämä komponentit vaativat useammin tapahtuvaa huoltoa ja kunnossapitoa. Tarkempaa tarkastelua laskelmien eroihin ei päästä tekemään, sillä huonekohtaisten ilmastointijärjestelmien hoito- ja kunnossapitoluvut perustuvat Insinööritoimisto Olof Granlundin laskentaohjelman tietoihin, eikä niitä ole tutkimuksessa esitetty.

3.5.3. Investointi- ja käyttökustannuksien osuus elinkaarikustannuksista

Käyttökustannukset eivät välttämättä ole suurin talotekniikan elinkaaren kustannuserä, vaikka asia usein näin esitetään. Käyttökustannuksien osuus riippuu paljolti taloteknisestä järjestelmästä sekä rakennuksen käyttöasteesta ja -ajasta. Valaistusta tarkasteltaessa investointikustannukset kyllä ovat paljon pienemmät kuin käyttökustannukset, mutta esimerkiksi käytettäessä toimistorakennuksen ilmastointijärjestelmässä huonekohtaista läsnäoloon perustuvaa ohjausta muodostivat investointikustannukset noin 50 % koko elinkaaren kustannuksista [21]. Investointikustannusten suhteellinen osuus nousi näin suureksi, koska huonekohtainen ilmastointijärjestelmä on varsin kallis toteuttaa, järjestelmän päivittäiset käyttöajat olivat lyhyet ja energiakustannuksissa säästettiin ilmastoinnin toimiessa vain läsnäolon mukaan. Ilmastointijärjestelmän käyttöaika jäi lyhyeksi järjestelmän toimiessa toimistorakennuksessa, jossa toimistohuoneiden käyttöaika on noin 8 h/vrk ja käyttöaste keskimäärin 60 %.

Investointikustannusten osuus jää pienemmäksi käytettäessä yksinkertaisempaa ilmanvaihtoratkaisua ja käyttöajan ollessa pidempi. Saaren ja Mäkelän tutkimuksessa, jossa vertailtiin asuintalojen ilmanvaihtoratkaisuja, poistoimurilla varustetun ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannukset muodostivat noin 30% elinkaarikustannuksista [32]. Investointikustannusten osuus jäi pienemmäksi poistoimurin ollessa edullinen toteuttaa ja energiakustannusten ollessa suuret poistoimurin toimiessa jatkuvasti.

Edistysellisimmillä ja kalliimmilla taloteknisillä järjestelmillä tehdään kustannussiirtoja käytöstä investointiin. Kehittyneemmät järjestelmät, kuten huonekohtainen ilmastointijärjestelmä, säästävät energiakustannuksissa, mutta aiheuttavat suuremmat investointikustannukset.

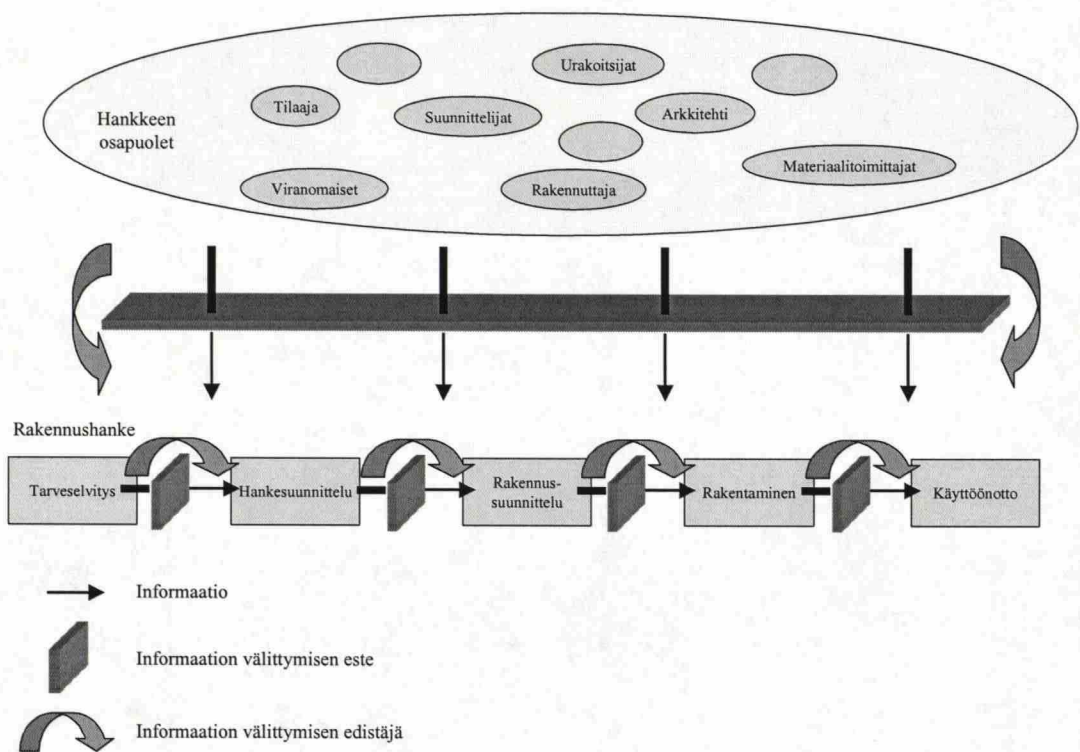
3.5.4. Muita elinkaarikustannuslaskennassa huomioitavia seikkoja

Talotekniikkaa ei voida käsitellä erillisenä järjestelmänä, vaan siihen vaikuttaa olennaisesti myös arkkitehtuuriset ja rakennustekniset ratkaisut. Esimerkiksi suurien lasijulkisivujen käyttö lisää rakennusvaipan lämpöhäviöitä ja auringon säteilyn vaikutusta sisälämpötilaan [36]. Rakennuksen lämpöhäviöiden ja -tuottojen ollessa suuret, joudutaan jäähdytys- ja lämmityslaitteet mitoittamaan suuremmiksi ja sitä kautta enemmän energiaa kuluttavimmiksi.

Koska rakennuksen käyttötarkoitus todennäköisesti muuttuu sen elinkaarenaikana, tulisi muuntojoustavuuden olla olennainen tekijä valittaessa taloteknisistä ratkaisua. Muuntojoustavuuteen päästään mm. jättämällä varauksia järjestelmien laajennuksille sekä modulaarisuudella. Modulaarisuudella tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi ilmanvaihdon kanavointi, ilmastointipalkit ja poistoventtiilit sijoitetaan siten, että tiloissa voidaan siirrellä vapaasti väliseiniä ilman LVI-tekniisiä asennusmuutoksia, lukuun ottamatta säätölaitteita. Näin toimitiloja voidaan muunnella helposti organisaatioiden ja työryhmien vaihtuessa.

4. Tietämyksen hallinta

Tässä kappaleessa tutustutaan ensin lyhyesti tietämyksen hallintaan sekä siihen mitä tieto on ja kuinka tietoa voidaan hallita prosessien avulla. Nämä asiat johdattelevat kappaleen painopisteeseen tiedon jakamiseen. Tiedon jakaminen osioissa esitellään kaksi jakamisstrategiaa sekä jakamisen esteitä ja edistäjiä. Kappaleessa keskitytään juuri tiedon jakamisen esteiden ja edistäjien käsittelyyn, sillä ne koetaan kirjallisuudessaakin tärkeiksi. Armbrechtin tutkimuksen mukaan tietämyksen hallinnassa kannattaa keskittyä enemmänkin tiedon jakamisen edistämiseen kuin tietovirran johtamiseen [3]. Luvun myötä kuvan 4.1 tekijät selkeytyvät lukijalle.



Kuva 4.1 Informaation välittyminen rakennushankkeessa

4.1. Tietämyksen hallinnan määritelmä

Tietämyksen hallinta on suunnitelmallista toimintaa saada oikea tieto oikeille ihmisille oikeaan aikaan ja auttaa ihmisiä jakamaan ja ottamaan informaatio käyttöön tavalla, joka edistää koko organisaation suorituskyvyn parantamista [26]. Tietämyksen hallinnassa korostetaan inhimillisyyttä ja henkistä pääomaa ja toisaalta käytetään tieto- ja viestintätekniologioiden mahdollisuuksia hyödyksi informaation varastoinnissa ja jakamisessa [39]. Tietämyksen hallinnan avulla pyritään löytämään historiasta ratkaisut tämän päivän ongelmiin, eikä samoja virheitä siten tarvitse enää toistaa.

4.2. Tiedon muotoja

Tieto sanalla voidaan tarkoittaa montaa eri käsitettä: dataa, informaatioita tai tietämystä. Jokapäiväisessä kielenkäytössä näillä käsitteillä ei useinkaan ole eroa, mutta tietualan kirjallisuudessa termit erotetaan toisistaan. [16]

Kuitenkaan sanoille data, informaatio ja tietämys ei ole yksiselitteistä määrittystä, vaan eri kirjoittajilla on hieman eri näkemykset asiasta. Davenport ja Prusak kritisoivat eron tekemistä näiden sanojen välillä, sillä erottaminen on käytännössäkin vaikeaa. Huolimatta kritiikistä Davenport ja Prusak esittävät määritelmät näille sanoille, koska termien ymmärtäminen auttaa organisaation tietämyksen hallinnan käsittämisessä. [8]

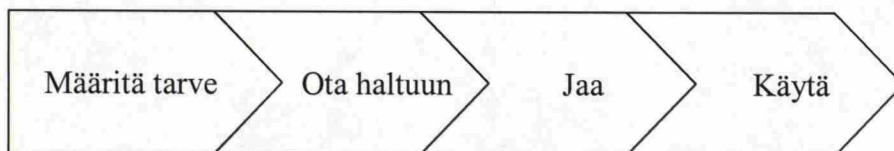
- Data on tilahavaintoja ympäristöstä, esimerkiksi varastossa on 697 laitetta. Data on helposti jäsennettävissä ja se voidaan havaita koneitten avulla. Data sopii hyvin koneitten käsiteltäväksi, sillä se on vaivattomasti muunnettavissa biteiksi. Koska dataa voidaan käsitellä tietokoneiden avulla, on sitä myös helppo tallentaa ja siirtää. [8]
- Informaatio ja tieto ovat suomenkielisessä kirjallisuudessa toistensa synonyymeja. Informaatio on dataa, jolla on merkitys ja tarkoitus. Jotta datasta voi tulla informaatioita, tarvitaan ihmisen analysointia. Informaation siirtäminen on vaikeampaa kuin datan siirtäminen. [8]
- Tietämys on arvokasta informaatioita. Se on arvokasta, koska joku on antanut informaatioille kontekstin, merkityksen ja tulkinnan. Tietämystä on esimerkiksi organisaatiossa oleva tieto omista tuotteista, prosesseista, onnistumisista ja virheistä [26]. Tietämys on vaikeaa jäsentää, siirtää ja tallentaa koneitten ymmärtämään muotoon. [8]

Toinen yleinen tiedon jaottelutapa on jakaa tieto havaittavaan ja hiljaiseen tietoon [25]. Jaottelun auttaa ymmärtämään millaisin menetelmin tietoa kannattaa jakaa ja siirtää.

- Havaittava tieto on formaalia ja helposti esitettävää. Tällainen tieto voidaan kuvata dokumentteina, numeroina ja kaavioina. Lisäksi havaittavan tiedon siirtäminen on helppoa ja tehokasta. [25]
- Hiljainen tieto on yritykseen sitoutunutta henkistä pääomaa, asenteita, henkilöstön osaamista ja kädentaitoa. Se on niitä asioita mitä me osaamme tehdä, mutta emme osaa ilmaista miten sen teemme, esimerkiksi polkupyörällä ajaminen. Hiljainen tieto on henkilökohtaista ja sitä on usein vaikea dokumentoida tai jakaa. Aavistukset, intuitiot ja oivallukset kuuluvat tähän luokkaan. [25]

4.3. Informaation hallinta -prosessi

Kuten muutakin liiketoimintaa myös informaation hallintaa voidaan tarkastella prosessien avulla. Davenport ja Prusak kuvaavat informaation hallinta -prosessin neljänä vaiheena (kuva 4.2), informaation tarpeen määrittäminen, informaation haltuunottaminen, informaation jakaminen ja informaation käyttäminen [8]. Davenportin ja Prusakin kuvaama prosessi ei ole ainut kirjallisuudessa esiintyvä informaatioprosessi, sillä informaatioprosessia, kuten prosesseja yleensäkin, voidaan kuvata useilla eri tavoilla. Esimerkiksi O'Dell ja Grayson esittävät monivaiheisemman informaation hallinta -prosessin [26]. Heidän prosessilla ei ole alkua eikä loppua, vaan prosessin vaiheet toistuvat jatkuvassa syklissä. Davenportin ja Prusakin prosessimalli on selkeämpi, joten tarkastellaan sen vaiheita tarkemmin.



Kuva 4.2 Informaation hallinta –prosessi [8]

4.3.1. Määritetään informaation tarve

Tarvittavan informaation määrittäminen on vaikeaa. Toisaalta tahdotaan tietää kaikki, mutta jos vaatimukset ovat liian korkeat, ei organisaatio tee muuta kuin kerää informaatioita. Mietittäessä, mikä on hyödyllistä tietoa, tulisi huomioida kovan tiedon, kuten tilastojen ja mittausdatan, lisäksi pehmeä tieto. Tällä tarkoitetaan mm. uutisia, huhuja ja ideoita. Luvuilla ja kaavioilla ei voida ilmaista pehmeitä arvoja, jotka voivat olla tärkeämpiäkin kuin taloudelliset ja

kvantitatiiviset seikat. Pelkästään nykyisten informaation tarpeiden tyydyttäminen ei riitä, vaan tärkeää on löytää uusia asioita kysymällä oikeita kysymyksiä. [8]

4.3.2. Informaation haltuunotto

Kun informaation tarve on tarkennettu, täytyy informaatioon päästä käsiksi. Informaation haltuunotto käsittää useita toimia: informaatioympäristön skannaus, informaation luokittelu käyttökelpoiseen muotoon ja informaation muokkaaminen ja tallentaminen.

Tehokas informaation skannaus on yhdistelmä automatisoitua ja ihmisen tekemää työtä. Automaattinen informaation etsintä on tullut nyky-yhteiskunnassa tärkeäksi tiedon määrän jatkuvasti kasvaessa. Esimerkkinä tästä on useat internetin hakuohjelmat. Ihmisen tehtävä on usein analysoida löydetyn informaation olennaisuus.

Luokittelulla informaatio jäsennetään helposti ymmärrettävään ja löydettävään muotoon. Informaation luokittelusta vastaa ihminen. Oikeanlaisen luokittelun tekeminen on vaikeaa, sillä ihmiset yhdistävät asioita eri tavoilla. Luokkien nimistä ja sisällöstä on usein vaikea päästä yhteisymmärrykseen. Informaatietietokannan käyttämistä kannattaakin seurata ja tehdä tarpeen mukaan täydennyksiä luokitteluun.

Informaation muokkaamisella on suuri merkitys siihen, miten informaatio ymmärretään ja miten usein sitä käytetään. Oikean esitystavan ja median valitseminen on tärkeää. Informaatio tulee tallentaa sellaiseen paikkaan ja muotoon, että kaikki informaatioita tarvitsevat pääsevät siihen käsiksi. Yleisin informaation tallentamistapa on dokumentti. [8]

4.3.3. Informaation jakaminen

Kuten edellä huomattiin, on informaation jakaminen paljolti riippuvainen siitä, missä muodossa se on talletettu. Usein yrityksen informaatio on hajallaan useissa eri paikoissa, eivätkä ihmiset siten ole tietoisia kaikesta saatavilla olevasta informaatioista. Informaation jakamista voidaan edistää kuvaamalla yrityksen informaatioarkkitehtuuri ja käyttämällä hyödyksi informaatioteknologiaa. Informaatioarkkitehtuurin kuvaus voi yksinkertaisimmillaan olla luettelo tai kartta informaation sijainnista yrityksessä. Kaiken tiedon jakamiseen tietotekniikka ei kuitenkaan sovi ja niinpä tehokkain jakelujärjestelmä on yhdistelmä ihmisiä, dokumentteja ja tietokoneita. [8]

4.3.4. Informaation käyttäminen

Kuten lääke, jota ei oteta, ei informaatiokaan hyödytä, jos sitä ei käytetä. Jos tämä viimeinen vaihe ei toimi, niin koko prosessi on vain kallis kustannus yritykselle. Siihen miten työntekijä ensin etsii informaation ja sitten omaksuu ja ”sulattaa” sen, vaikuttaa monet psykologiset ja kulttuuriset tekijät. Informaation käyttämistä

voidaan arvioida seuraamalla esimerkiksi kuinka usein tietokantaa käytetään tai mitkä ovat suosituimmat hakusanat. Informaation käyttämistä voidaan edistää mm. johdon hyvällä esimerkillä ja palkkioin. [8]

4.4. Tiedon jakaminen

Tiedon jakamista tapahtuu kaikkialla organisaatiossa niin ihmisten, tiimien kuin osastojen tasolla. Davenport ja Prusak määrittävät tiedon jakamisen kahden toiminnan yhdistelmäksi: tiedon välittäminen ja absorboituminen. Tiedon välittäminen käsittää tiedon lähettämisen tai esittämisen potentiaaliselle vastaanottajalle. Absorboituminen taas on tiedon vastaanottamista ja sisäistämistä. Jos tieto ei ole absorboitunut, niin sitä ei ole myöskään jaettu. Absorboituminen on kriittinen linkki välittämisestä tiedon käyttämiseen. Juuri tiedon absorboituessa uuden tiedon hyödyt ymmärretään. Kuitenkaan onnistunut tiedon välittäminen ja absorboituminen ei riitä, jos uusi tieto ei johda jonkinlaiseen muutokseen käyttäytymisessä. Niinpä jaetun tiedon käyttäminen on ensiarvoisen tärkeä osa onnistunutta tiedon jakamista. [7]

Organisaatioissa on monenlaista tietoa ja useita mahdollisuuksia tiedon jakamiseen. Kullekin tiedon tyyppille täytyy valita sopivin jakelukanava. Hansen jaottelee tiedon jakamisen -strategiat kahteen luokkaan: kodifiointistrategiaan ja personointistrategiaan [13].

4.4.1. Kodifiointistrategia

Kodifiointistrategiassa keskeistä on kokemustiedon tallentaminen tietokantoihin. Kodifioinnissa henkilösidonomainen tieto muutetaan sellaiseen muotoon, että se voidaan tallentaa tietokantaan. Tietokantojen avulla tieto on helposti toisten saatavilla. Tavoitteena on, että tieto ja osaaminen olisi jokaisen yhteisön jäsenen tai työntekijän hyödynnettävissä heidän kohdatessaan vastaavanlaista tietoa ja osaamista edellyttävän ongelmatilanteen. Kodifiointistrategialla pyritään siis estämään pyörän keksiminen uudelleen ja tuottamaan paljon massaratkaisuja uniikkiratkaisujen sijaan [39]. Koska tieto pitää kodifioida ennen siirtämistä, sopii kodifiointistrategia vain havaittavan tiedon jakamiseen. [13]

4.4.2. Personointistrategia

Personointistrategiassa tiedon jakaminen tapahtuu yksilöjen kesken. Tiedon jakaminen tapahtuu tällöin kasvokkain tai virtuaalisesti, puhelimen, sähköpostin tai video-konferenssin avulla. Informaatioteknologiaa käytetäänkin pikemminkin viestintävälineenä kuin tiedon varastointiin. Personointistrategiassa ihmisten väliset verkostot ovat tärkeässä roolissa, sillä juuri henkilökohtaisten suhteiden avulla tieto saadaan välitettyä. Personointistrategian avulla saadaan jaettua niin havaittavaa kuin hiljaista tietoa. [13]

4.4.3. Oikean strategian valitseminen

Organisaatioissa käytetään yleensä molempia tiedonjakostrategioita yhtä aikaa. Hansenin mukaan organisaation tai yrityksen kannattaa kuitenkin keskittyä vain toiseen näistä strategioista ja käyttää toista pelkästään tukemassa päästrategiaa [13]. Siihen kumpi strategia on tarkoituksenmukaisempi vaikuttaa vahvasti yrityksen toimiala.

Tärkeä seikka strategiavalintaa tehdessä on selvittää hiljaisen tiedon tärkeys yritykselle. Yrityksille, jotka tekevät toistuvasti samanlaisia projekteja, hiljainen tieto ei ole niin tärkeää kuin yrityksille, joiden projektit ovat räätälöityjä ja tietointensiivisiä.

Kodifiointistrategian etuja ovat tiedon helppo toistettavuus ja pienet yksikkökustannukset. Kodifioitu tieto ei myöskään pääse unohtumaan, sillä se on tallennettu tietokantaan. Personointistrategiassa tieto voi unohtua, jos vastaavien projektien aikaväli on suuri. Yritykset menettävät personointistrategiassa tietoa myös avainhenkilöiden jättäessä yrityksen. [13]

4.5. *Tiedon jakamisen esteet*

Tiedon jakaminen on ensiarvoisen tärkeää yrityksille ja organisaatioille. Sen avulla osastot ovat tietoisia toisten osastojen työskentelystä ja opituista asioista hyötyy koko yritys. Jakamalla tietoa oikea käsi voi tietää mitä vasen on tekemässä, eikä pyörääkään tarvitse keksiä joka kerta uudestaan. Onnistuminen tiedon jakamisessa on kaikkea muuta kuin helppoa. Tietämyksen hallintaan liittyvässä kirjallisuudessa tunnistetaan useita tiedon jakamisen esteitä. Ne esitetään kuitenkin usein irrallisina seikkoina, eikä selkeästi luokiteltuna. Seuraavaksi käsitellään tarkemmin näitä tiedon jakamisen esteitä perustuen Rugglesin jaotteluun [31]. Rugglesin mukaan tiedon jakaminen ei onnistu johtuen fyysisestä, ajallisesta tai sosiaalisesta etäisyydestä tiedon lähettäjän ja vastaanottajan välillä. Tätä jaottelua täydennetään muilla kirjallisuudessa esille tulleilla seikoilla.

4.5.1. Fyysinen etäisyys

Ihmisten ollessa fyysisesti kaukana toisistaan yhteisiä tapaamisia ei pystytä järjestämään tarpeeksi usein. Fyysinen etäisyys vaikeuttaa siten hiljaisen tiedon jakamista, joka onnistuu parhaiten kasvokkain tapahtuvassa viestinnässä. [31]

4.5.2. Ajallinen etäisyys

Organisaatioissa oleva tieto unohtuu ajan myötä. Kahdenkeskisissä tapaamisissa tai kokouksissa saatu tieto ei välity muille organisaation jäsenille, jos tietoa ei tallenneta ja laiteta muiden ihmisten saataville.[31]

Kuten jo kappaleessa 4.4.3 Oikean strategian valitseminen todettiin, ei tieto välity ilman tallentamista, jos projektien aikaväli on suuri tai projektiin osallistuneet jättävät organisaation.

4.5.3. Sosiaalinen etäisyys

Sosiaalinen etäisyys käsittää tekijät kuten hierarkkiset, toiminnalliset ja kulttuuriset erot. Nämä tekijät usein sivutetaan, vaikka ne ovat monesti kaikkein vaikeimpia voittaa. [31]

Hierarkia

Byrokraattisissa ja hierarkkisissa organisaatioissa muodolliset toimintatavat estävät tiedon jakamisen [9]. Byrokratia ei innosta yksilöitä tuomaan ideoitaan esiin, sillä muutoksien aikaansaaminen on tehty vaikeaksi. Monihaaraudessa ja hierarkkisissa organisaatioissa tiedon leviäminen jokaiseen organisaation nurkkaan on vaikeaa. Hajanaisissa organisaatioissa osastot saattavat tehdä osaoptimointia saadakseen palkkioita hyvästä työskentelystä muiden osastojen kustannuksella [26].

Kulttuuri

Kulttuuriset erot voivat olla ongelma, vaikka ihmiset tahtoisivat jakaa tietoa. Eri kulttuurien edustajat eivät välttämättä ymmärrä toisiaan tai tulkitsevat saamansa tiedon väärin [7]. Tämä voi tapahtua, esimerkiksi asiantuntijoiden jakaessa tietoa. Asiantuntijan viestissä omalla ammattikielellään ei kuulija pysty omaksumaan tietoa, koska hänellä ei ole aikaisempaa kokemusta asiasta, joka tarvittaisiin uuden tiedon ymmärtämiseen.

Toinen kulttuurinen tekijä on yksilön ammattitaidon ihannointi, joka kannustaa ihmisiä pitämään tärkeät tiedot itsellään [26]. Varsinkin yrityksissä, joissa ihmiset ovat jatkuvan irtisanomisuhan alla, pitämällä tietoa itsellään yritetään turvata oma työpaikka. Herää myös kysymys, onko ihmiselle enää käyttöä sen jälkeen, kun hän on opettanut kaiken osaamansa muille?

4.5.4. Muut tekijät

Vanhat tavat

Tiedon jakamista ja uuden tiedon omaksumista estää vanhat tavat. Ennen kuin organisaatio voi omaksua uuden idean tai toimintatavan, täytyy se vakuuttaa uuden asian tärkeydestä. [10]

Motivaatio

Jos ihmisiltä puuttuu motivaatioita, eivät he näe mitään syytä, miksi heidän pitäisi jakaa tietoa. Yleinen kysymys onkin: ”Mitä minä hyödyn tästä?” Ihmiset eivät ala käyttämään uutta IT -järjestelmää, jos he eivät koe hyötyvänsä sen käytöstä. [8]

Suhde

Ihmiset omaksuvat helpommin tietoa ihmisiltä, jotka he tuntevat, arvostavat tai joista he pitävät. Jos lähettäjällä ja vastaanottajalla ei ole suhdetta keskenään, on sitoutuminen jakamiseen paljon heikompa. [26]

Tietämättömyys

Kumpikaan sekä tiedon säilyttäjä että tietoa haluava ei ole tietoinen toisistaan. [26]

Kiire

Tietoa ei saada jaettua, jos projektien aikataulut ovat liian kiireisiä. Tällöin ihmiset keskittyvät omaan työhönsä, eikä heillä ole aikaa jakaa kokemuksiaan muille. Kiireessä ihmisillä ei ole aikaa uuden tiedon oppimiselle saati sen omaksumiselle. Usein kiireen takia jätetään projektissa opittujen asioiden kerääminenkin tekemättä. [4]

Taulukkoon 4.1 on kerätty kappaleessa käsitelty tiedon jakamisen esteet.

Taulukko 4.1 Tiedon jakamisen esteet

Fyysinen etäisyys	Ajallinen etäisyys	Sosiaalinen etäisyys	Muut tekijät
•osapuolien sijainti	•tiedon unohtuminen	•hierarkia •kulttuuri	•vanhat tavat •motivaatio •suhde •tietämättömyys •kiire

4.6. Tiedon jakamisen edistäjät

Armbrechtin mukaan on olemassa kolme tekijää tiedon jakamisen edistämiseksi: kulttuuri, infrastruktuuri ja teknologia [3]. Tutustutaan näihin tekijöihin tarkemmin.

4.6.1. Kulttuuri

Organisaation kulttuurilla on suuri vaikutus sen tietämyksen hallinta pyrkimyksissä. Johdon toimenpiteillä, liiketoimintaprosesseilla, palkkiolla ja suorituskyvyn mittauksilla voidaan kehittää organisaatiokulttuuri, jonka arvoja ovat tiedon jakaminen ja luominen. Edellä mainituilla toimenpiteillä yksilöjä kannustetaan vuorovaikutukseen, opettamiseen ja oppimiseen toisilta. Pikkuhiljaa ihmiset huomaavat, että tekemällä yhdessä ja salaamatta omaa tietoa saadaan parempia tuloksia aikaan [9].

Tietämyksen hallinta koetaan usein vaikeaksi hahmottaa, eikä tietämyksen hallinnan hyötyjä ymmärretä. Tämän epätietoisuuden voittamiseksi on luotava tietostrategia ja järjestettävä koulutusta. Ihmisten ymmärtäessä tietämyksen

hallinnan hyödyllisyyden ovat he paljon motivoituneempia myös käyttämään tietämyksen hallinnan työkaluja päivittäisessä työssään.

Armbrechtin artikkelissa todetaan useiden yritysten kokevan palkkiot ja kannustimet hyväksi keinoksi edistää tiedon jakamista. Palkkiomekanismien toteuttaminen on vaikeaa, koska tietoa on vaikea mitata. Yleisesti käytettyjä mittauskohteita ovat tietokantojen käyttökerrat ja hakusanojen seuranta. Näillä menetelmillä ei tosin selviä, miten paljon löydetyistä tiedosta on hyötyä käyttäjälle. Palkkioiden tulisi tukea koko organisaation etua, eikä pelkästään yksilön etua. Esimerkiksi hyvä kannustuskeino on palkita vuosittain parhaat tiedon jakajat. [3]

4.6.2. Infrastrukturi

Infrastruktuurilla tarkoitetaan tässä yhteydessä organisaation fyysistä asemointia, hierarkkista kokoonpanoa ja tietämyksen hallinta -ohjelman rakennetta.

Tiedon jakamiseen vaikuttaa organisaation osien fyysinen sijainti. Toimistorakennuksien sijainnilla, toimistojen pohjaratkaisuilla ja neuvotteluhuoneiden määrällä on merkitystä, kuinka helposti osapuolet voivat jakaa tietoa keskenään. Sosiaalista kanssakäymistä ja suhdeverkostojen luontia kannatta edistää tehtäessä ratkaisuja näistä asioista.

Avoin, joustava ja matala organisaatio edistää tiedon jakamista. Tällaisessa organisaatiossa tieto pääsee vapaammin virtaamaan ja tieto saavuttaa jokaisen organisaation nurkan. Ottamalla myös projektitiimeihin osajia eri osastoilta edistetään tiedon vaihtumista organisaation sisällä. Keskijohdolla on tärkeä asema informaation välittämisessä niin horisontaalisella kuin vertikaalisella tasolla [5]. Keskijohto luo verkostoja sekä oman yrityksen eri osastoihin että asiakkaisiin ja yhteistyökumppaneihin.

Tietämyksen hallinta -ohjelmaa täytyy olla edistämässä jonkinlainen tukiryhmä. Tämä voi olla yksittäinen henkilö tai pieni joukko ihmisiä. Tärkeintä kuitenkin on, että jollain on vastuu organisaation tietämyksen hallinnasta. Tukiryhmä toteuttaa organisaation tietostrategiaa ja auttaa ihmisiä jokapäiväisessä tiedon etsimisessä ja jakamisessa. [3]

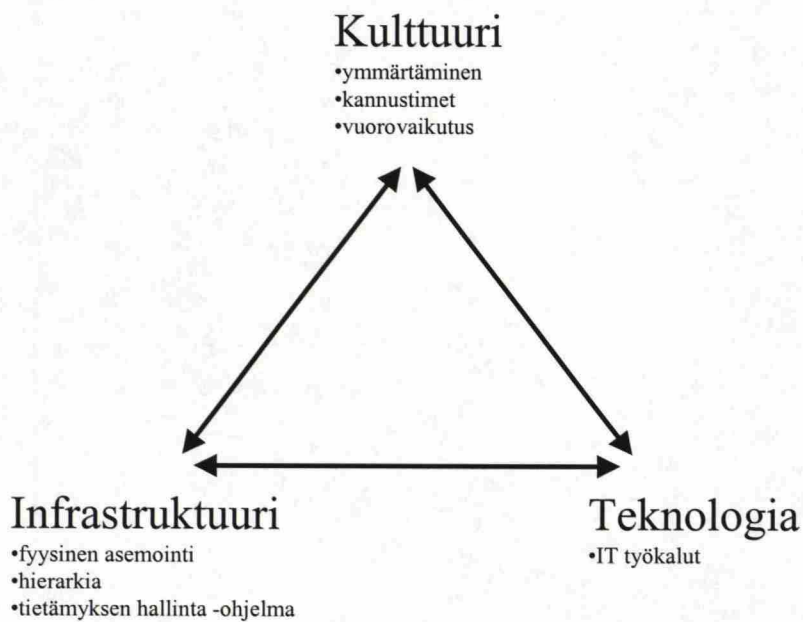
4.6.3. Teknologia

Informaatioteknologia helpottaa tiedon tuottamisessa, muokkaamisessa, tallentamisessa ja kommunikoinnissa. Teknologia vähentää fyysisiä esteitä, eikä viestintä ole enää ajasta ja paikasta sidonnaista. Useissa tietämyksen hallintaan liittyvissä tutkimuksissa painotetaan kuitenkin, että informaatioteknologiaa tulisi nähdä vain tiedon jakamisen edistäjänä [3], [8], [26] ja [31]. Jos osapuolet eivät ole aikaisemmin viestineet keskenään, niin eivät he tule sitä todennäköisesti tekemään informaatioteknologian avullakaan. Esimerkiksi tietokantojen käyttö on hyödytöntä, jos ihmiset eivät ole tottuneet käyttämään niitä, tai heillä ei ole aikaa tai halua käyttää niitä [26].

Usein käytettyjä tiedon jakamista edistäviä teknologioita ovat tietokannat, sähköposti, video-konferenssi ja intranet. Tietokantojen sijaan tai lisäksi voidaan käyttää myös tiedon ”keltaisia sivuja”. Keltaisille sivuille on koottu työntekijöiden osaamisalueita ja tiedon etsijä ottaa yhteyttä tähän henkilöön sen sijaan, että alkaisi tutkimaan aiheeseen liittyvää dokumentaatioita. Usein asiantunteva kollega on parempi tietolähde kuin kasa kirjallisia dokumentteja. [3]

Kaikki kolme tiedon jakamisen edistäjää on nyt esitelty. Ne kaikki ovat sidoksissa toisiinsa (kuva 4.3): Teknologia mahdollistaa jakamisen, mutta teknologian käyttämiseen tarvitaan innostavaa kulttuuria [26]. Vuorovaikutteista kulttuuria edesauttaa avoin organisaatio. Informaatioteknologia ei täysin korvaa tiimipalavereja tai kahdenkeskeisiä tapaamisia.

Onkin selvää, että tiedon jakamisen edistäjien on oltava tasapainossa, jotta saavutettaisiin paras mahdollinen lopputulos.



Kuva 4.3 Tiedon jakamisen edistäjät. [3]

4.7. Tietämyksen hallinta rakennusallalla

Tietämyksen hallinta on vielä uusi käsite rakennusallalla. Se koetaan kuitenkin tärkeäksi tulevaisuuden kilpailukyvyyn edistäjäksi, sillä suurin syy rakennusprojektien epäonnistumiseen on oikean ja ajan tasalla olevan informaation puuttuminen [23]. Rakennuttaminen vaatii useiden osapuolien välistä intensiivistä tiedon vaihtoa, jota voidaan tietämyksen hallinnan avulla kehittää.

Rakennuttamiseen liittyvä tieto on sekä havaittavaa että hiljaista tietoa [20]. Havaittavaa tietoa ovat tekniset piirustukset, sopimusasiakirjat ja aikataulut. Hiljaista tietoa puolestaan on työntekijöiden ammattitaito. Havaittavaa tietoa jaetaan joko yhteisten tietokantojen kautta tai paperiversioina. Kuitenkin tavanomaista on, ettei kaikkia päätöksiä tai perusteluja päätöksien takana ole dokumentoitu [29]. Varsin usein asiat viestitään suullisesti kokouksissa ja tapaamisissa. Rakennusosalalla suullinen tiedon jakaminen on yleistä ja siksi tiedosta menee paljon hukkaan [18]. Tietoa ei saada tallennettua ja jaettua muille. Myös hiljaisen tiedon kodifointi on koettu hankalaksi. Tämän takia uusien ihmisten kouluttaminen alalle on hidasta ja se tapahtuu usein tekemällä oppimisen kautta.

Tiedon haltuun ottaminen ja jakaminen koetaan rakennusosalalla vaikeaksi neljästä perussyystä:

- Rakennusosalalla on suuri joukko eri ammattialan yrityksiä, joista suurin osa on pieniä.
- Alalla olevilla osapuolilla on hyvin erilaisia koulutustaustoja, joten yhteistä kieltä on vaikea löytää.
- Alalla oleva yleinen sopimustapa, tarjouskilpailun voittaa halvin tarjous, ei edistä alalla toimivien yritysten yhteistyötä.
- Rakentaminen on projektiliiketoimintaa, jossa projektiorganisaatio ja toimitusketju muuttuu projektista toiseen. Tämän takia oppien siirtäminen toteuttavan organisaation käyttöön on vaikeaa. [20]

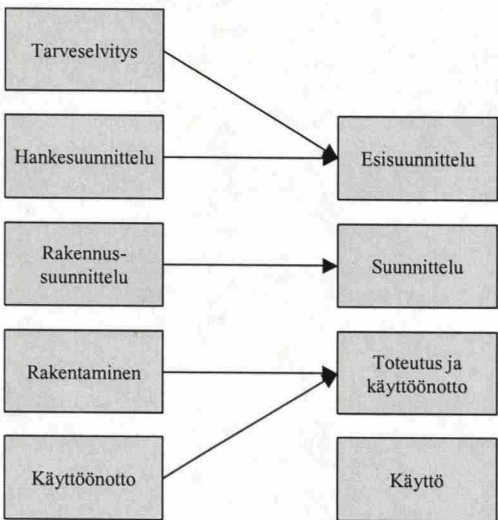
Rakennusosalalla ei ole edistytty jatkuvassa oppimisessa ja parantamisessa siinä määrin kuin esimerkiksi valmistusteollisuudessa. Viimeaikoina ollaan kuitenkin siirrytty rakennusosalallakin parempaan suuntaan. Yritysten välinen yhteistyö on lisääntynyt ja IT -järjestelmien avulla tietoa ollaan välitetty tehokkaammin hajanaiselle projektiorganisaatiolla. Pitkän historian omaavan rakennusalan muuttuminen ei ole nopea tapahtuma. Tässä kulttuurin muutoksessa tietämyksen hallinnalla ja organisatorisella oppimisella on tärkeä rooli.[20]

5. Synteesi

Tässä luvussa käydään läpi edellisten lukujen tärkeimmät asiat ja esille tulleista asioista ja kirjoittajan aikaisemmasta kokemuksesta muodostetaan synteesi. Luvun aluksi käydään läpi talotekniikan elinkaaren vaiheet ja elinkaarikustannuksiin vaikuttavat tekijät. Näiden asioiden ja tietämyksen hallinnan teorian avulla muodostetaan alustava malli talotekniikan elinkaarikustannusinformaatiosta. Luvun lopuksi esitetään vielä talotekniikan elinkaarikustannusinformaation hallinta –prosessi.

5.1. Talotekniikan elinkaaren vaiheet ja kustannuksiin vaikuttaminen

Kappaleessa 2.1.2 esitettyä rakennushankkeen vaihejaottelua yksinkertaistetaan ja laajennetaan vastaamaan koko rakennuksen elinkaarta (kuva 5.1).



Kuva 5.1 Rakennushankkeen laajentaminen koskemaan koko rakennuksen elinkaarta

Tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaihe yhdistetään esisuunnitteluvaiheeksi. Näin rakennusalalla käytössä olevat termit korvataan yleisemmin käytetyllä käsitteellä. Usein käytännössäkin rakennushankkeessa ei ole erillistä tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaihetta, vaan niiden tulokset dokumentoidaan suoraan hankesuunnitelmaksi. Tämän lisäksi rakennushanketta laajennetaan käyttövaiheella. Sehän on rakennuksen elinkaaren pisin vaihe. Tämä uusi jaottelu vastaa paremmin rakennuksen elinkaaren vaiheita ja vaiheiden nimet ovat yleisesti ymmärrettävissä. Nämä rakennuksen elinkaaren vaiheet sopivat myös talotekniikan elinkaaren vaiheiksi.

Kirjallisuusosuudessa kerrottiin kappaleissa 2.1.1 ja 2.1.2 rakentamisen osapuolista, rakentamisen vaiheista ja rakentamisen vaiheissa tapahtuvasta toiminnasta. Näiden kappaleiden asiat ja kappaleessa 3.3 esitetyt talotekniikan elinkaarikustannuksiin vaikuttavat tekijät kootaan edellä esitetyn vaiheistuksen mukaan taulukkoon 5.1.

Taulukko 5.1 Talotekniikan elinkaari ja kustannuksiin vaikuttaminen

	Toiminta	Kustannuksiin vaikuttaminen
Esisuunnittelu	<ul style="list-style-type: none">• Tilaohjelma ja tilojen laatuvaatimukset• Toteutusvaihtoehtojen vertailu• Budjetti ja rahoitussuunnitelma• Suunnittelu- ja toteutusaikataulu	<ul style="list-style-type: none">• Aluksi karkeat toteutusvaihtoehtojen vertailulaskelmat aikaisempien kokemusten perusteella.• Myöhemmin elinkaarikustannuslaskelmat tarkennetaan järjestelmä tasolle.
Suunnittelu	<ul style="list-style-type: none">• Valitaan toteutuskelpoisin vaihtoehto• Työpiirustukset, tekniset suunnitelmat ja laatuasiakirjat	<ul style="list-style-type: none">• Elinkaarikustannuslaskelmat laite ja komponentti tasolla.
Toteutus ja käyttöönotto	<ul style="list-style-type: none">• Laitteiden asennus• Toimintakokeet ja tarkastukset• Käyttäjien koulutus• Luovutus	<ul style="list-style-type: none">• Tuotteiden valinnalla, asennuksella ja virityksellä luodaan pohja laitteiden järkevälle käytölle.
Käyttö	<ul style="list-style-type: none">• Laitteiden käyttö ja seuranta	<ul style="list-style-type: none">• Laitteiston ylläpito hoito- ja kunnossapito tehtävin• Laitteiden jatkuva seuranta ja tarvittaessa säätö- ja korjaustoimenpiteitä.

Taulukossa 5.1 on nyt yksinkertaisesti ja ytimekkäästi esitetty talotekniikan elinkaaren vaiheet, vaiheissa tapahtuva toiminta, elinkaarikustannuksiin vaikuttavat asiat ja näiden asioiden vaikutuksen suuruus kokonaiskustannuksiin.

5.2. Talotekniikan informaatio

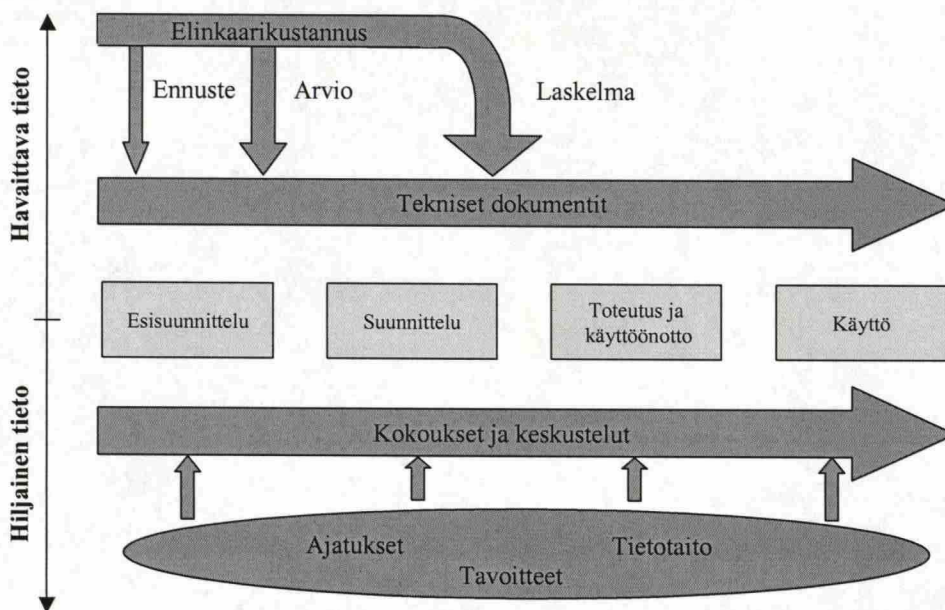
Talotekniikkahankkeen informaation välittäminen perustuu pitkälti havaittavaan tietoon, kuten teknisiin piirustuksiin ja sopimusasiakirjoihin. Näissä dokumenteissa informaatio on hyvin eksaktissa muodossa, eivätkä ne jätä paljoa tulkinnanvaraa. Dokumentit luovat hankkeen osapuolien kommunikoinnin perustan ja niihin turvaudutaan mahdollisissa riitatapauksissa. Informaatio dokumenteissa on kuitenkin sellaisessa muodossa, etteivät ne avaudu kuin alaan perehtyneelle. Teknisissä piirustuksissa täytyy ensin tietää, mitä piirustusmerkeillä tarkoitetaan. Kun piirustusmerkit ovat hallussa, on mahdollista käsittää laitteiden muodostamat järjestelmät. Tämän lisäksi tulkitsijalta vaaditaan

prosessiosaamista, jotta ymmärretään, miksi juuri tämä laite tai järjestelmä on valittu. Ammattitaito ja työn mukana tullut kokemus, jotka edustavat hiljaista tietoa, ovatkin tärkeitä seikkoja, jotta kommunikointi hankkeen osapuolien kanssa onnistuu.

Ongelmallista talotekniikan informaation välittämisessä on ajantasalla olevan tiedon saaminen. Taloteknistä dokumentaatiota on paljon, mm. LVI-, automaatio-, kulunvalvonta- ja sähkösuunnitelmia. Kaikki nämä suunnitelmat liittyvät jollain tapaa toisiinsa. Jos yhtä osa-aluetta talotekniikassa muutetaan, täytyy muutoksen vaikutus huomioida myös muihin järjestelmiin. Rakennushankkeessa muutoksia tapahtuu moneen kertaan, joten suunnitelmat voivat olla keskenään ristiriidassa.

5.2.1. Elinkaarikustannusinformaatio

Edellisen sivun taulukossa 5.1 esitetyt kustannuksiin vaikuttavat tekijät ovat juuri tutkimuksessa tarkasteltavaa talotekniikan elinkaarikustannusinformaatiota. Kuten informaatio jaettiin kappaleessa 4.2 havaittavaan ja hiljaiseen tietoon, voidaan myös elinkaarikustannusinformaatio jakaa samalla tavalla (kuva 5.2).



Kuva 5.2 Talotekniikan elinkaarikustannusinformaatio

Hankkeen aluksi elinkaarikustannusinformaatio on elinkaarikustannuslaskelmien muodossa eli havaittavana tietona. Elinkaarikustannuslaskelmat tarjoavat hankkeelle tavoitteen, johon tulisi pyrkiä. Näitä laskelmia tarkennetaan hankkeen edetessä samalla tavalla kuin suunnitelmiakin tarkennetaan. Suunnittelijan tietotaito ja ajatukset elinkaarikustannustehokkaasta järjestelmästä edustavat puolestaan hiljaista tietoa. Laskelmiin valittavien komponenttien valitseminen vaatii ammattitaitoa. Laskelmien tekijällä täytyy olla käsitys toteutuskelpoisista vaihtoehdoista ja elinkaarikustannuksia alentavista menetelmistä. Rakennushankkeen edetessä toteutukseen erillinen havaittava

elinkaarikustannusinformaatio häviää. Elinkaarikustannuslaskelmien perusteella valitaan toteutettava järjestelmä, joka on lähtökohta teknisille suunnitelmille. Tästä eteenpäin elinkaarikustannusinformaatio onkin osa teknistä dokumentaatiota. Elinkaarikustannuksiin liittyvää erillistä havaittavaa tietoa ei enää ole, vaan se on sulautunut teknisiin piirustuksiin. Hiljaisessa muodossa elinkaarikustannusinformaatio kuitenkin vielä jatkaa kulkuaan rakennushankkeessa. Hiljainen elinkaarikustannusinformaatio on laitteiden laadukas asennus, viritys, huolto ja kunnossapito sekä laitteiden jatkuva seuranta ja toiminnan kehittäminen. Nämä seikat ovat työntekijöiden ammattitaitoa ja ymmärtämistä siitä, mistä tekijöistä talotekniikan elinkaarikustannukset muodostuvat. Hiljaista elinkaarikustannusinformaatioita välitetään hankkeen aikaisissa kokouksissa ja keskusteluissa.

5.3. Elinkaarikustannusinformaation hallinta –prosessi

Edelle esitettyä elinkaarikustannusinformaatioita tarkastellaan tässä kappaleessa informaation hallinta –prosessin pohjalta. Tarkastelun tuloksena saatua elinkaarikustannusinformaation hallinta –prosessia käytetään myöhemmin hyödyksi analysoitaessa tapaustutkimuskohteen elinkaarikustannusinformaation välittymistä.

5.3.1. Määritä tarve

Kappaleessa 4.3 esitettiin, että informaatio hallinta –prosessin ensimmäinen vaihe on tarvittavan informaation määrittäminen. Taloteknisessä hankkeessa toiminta alkaa asiakkaan tilantarpeen ja tilojen laatuvaatimusten määrittämisestä. Näiden tietojen perusteella suunnittelijat etsivät kiinteistölle toteutuskelpoisia järjestelmävaihtoehtoja. Järjestelmävaihtoehtojen vertailua varten puolestaan tarvitaan tietoa komponenttien investointi- ja käyttökustannuksista. Elinkaarikustannusinformaatiota varten tarvitaankin siten tietoa asiakkaan vaatimuksista, suunnittelijoiden toteutusvaihtoehtoista sekä taloteknisten laitteiden investointi- ja käyttökustannuksista.

5.3.2. Haltuunotto

Kuten informaation hallinta –prosessin yhteydessä sivulla 34 todettiin täytyy informaation tarpeen määrittämisen jälkeen itse informaatio ottaa haltuun. Taloteknisissä hankkeissa elinkaarikustannusinformaatioita saadaan haltuun elinkaarikustannuslaskennan avulla. Näillä laskelmilla suunnittelijoiden ammattitaito ja kokemukset elinkaaritalousratkaisuksista saadaan muotoon, jota maallikkokin ymmärtää. Laskelmissa on selvästi nähtävissä, mitä mikin järjestelmävaihtoehto tulee elinkaarensa aikana maksamaan.

Elinkaarikustannuslaskelmia varten tarvitaan tietoa asiakkaan tarpeisiin sopivista laitteista sekä tietoa näiden laitteiden hinnoista, käyttöiästä, käyttöajasta,

energiankulutuksesta ja hoito- ja kunnossapitokustannuksista. Tätä tietoa ei löydy yhdestä paikasta, vaan se on jakautunut useille hankkeen osapuolille. Elinkaarikustannuslaskelmia varten tarvittavat tiedot ja tiedon määrittäjät on koottu taulukkoon 5.2.

Taulukko 5.2 Elinkaarikustannuslaskelmien tiedon määrittäjät ja tarvitsijat

	Osapuolet					
	Käyttäjä	Laitevalmistaja	Suunnittelija	Urakoitsija	Huoltoyritys	Elinkaarivastuullinen
Laitevalinta	määrittää	määrittää	määr. / tarv.	määr. / tarv.	tarvitsee	tarvitsee
	tilavaatimus	laitteen hinta	laitevalinta	urakkahinta	huollontarve	investointikust.
Laitteen käyttöikä		määrittää	tarvitsee		tarvitsee	tarvitsee
		laitteen käyttöikä	laitevalinta		huollontarve	invest- ja käyttökust.
Laitteen käyttöaika	määrittää		tarvitsee		tarvitsee	tarvitsee
	tilavaatimus		laitevalinta		huollontarve	käyttökust.
Energiankulutus	määrittää	määrittää				tarvitsee
	käyttöaika	laitteen kulutus				käyttökust.
Hoitokustannus	määrittää	määrittää			määrittää	tarvitsee
	laatuvaatimus	huoltoväli			huoltokust.	käyttökust.
Kunnossapitokustannus	määrittää	määrittää			määrittää	tarvitsee
	laatuvaatimus	laitteen laatu			kunnossapitokust.	käyttökust.

Taulukkoa luetaan seuraavasti: Laitevalinnan määrittää käyttäjä tilavaatimuksellaan. Laitteen hinnan taasen määrittää laitevalmistaja. Käyttäjän tietoihin perustuen suunnittelija tekee laitevalinnan. Suunnittelijan laitevalintaa on ohjaamassa urakoitsija, joka on kiinnostunut laitteen hinnasta. Huoltoyritys tarvitsee tiedot kiinteistön laitteista, jotta se pystyy määrittämään hoito- ja kunnossapitokustannukset. Elinkaarivastuullinen tarvitsee käyttäjän, laitevalmistajan ja suunnittelijan tiedot elinkaarikustannuslaskelmia varten. Elinkaarivastuullinen voi olla kiinteistön omistaja tai kiinteistön toteuttava ja ylläpitävä yritys.

Kuten taulukosta huomataan, ei perinteisessä rakennushankkeessa kustannuksista vastaava urakoitsija ole kiinnostunut kuin investointikustannuksista. Koko elinkaarikustannuksien huomioimisesta hyöttyy vain elinkaarivastuullinen. Taulukon avulla nähdään helposti, mitä tietoa elinkaarikustannuslaskelmia varten tarvitaan ja kenellä tämä tieto on.

Kustannuserien lisäksi elinkaarikustannuslaskelmia varten on selvitettävä tarkasteluajanjakso ja diskonttauskorko. Analysoitava ajanjakso on määriteltävä aina tapauskohtaisesti. Se voi olla rakennuksen, järjestelmän tai komponentin elinikä tai käyttäjän määrittelemä vuokrasopimus. Diskonttauskorko on projektista taloudellista tuottoa hakevan yrityksen määrittämä. Se voi olla sidoksissa projektia varten lainattuun rahaan tai yrityksen sisäisen pääoman tuottovaatimukseen.

Näiden selvästi kvalitatiivisten seikkojen lisäksi laskelmissa pitäisi huomioida lähtöarvojen epävarmuus ja valittavien ratkaisujen muuntojoustavuus. Molempien on vaikea arvioida, mutta niitä ei pitäisi unohtaa laskelmista.

Tärkeä osa kustannuslaskentaa on muokata laskelmat läpinäkyvään ja helposti ymmärrettävään muotoon. Lähtöarvot, laskenta ja tulokset pitäisi olla kaikkien nähtävissä, eikä laskentaohjelman sisäisenä algoritmina. Laskelmat tulisi olla siinä

muodossa, että suunnittelun jälkeen tapahtuneiden käyttötapojen muutosten vaikutus todelliseen kulutukseen on luotettavasti selvitettävissä.

5.3.3. Jakaminen

Kappaleessa 4.3.3 kerrottiin, että tiedon jakamisen onnistuminen on paljolti riippuvainen siitä, missä muodossa tieto on talletettu. Havaittava elinkaarikustannusinformaatio, laskelmat ja tekniset piirustukset, tulisi olla helposti kaikkien saatavissa. Elinkaarikustannusinformaatioita tulisi jakaa dokumenttien lisäksi myös hiljaisessa muodossa. Kokouksissa ja keskusteluissa voidaan välittää asioista, jotka eivät välttämättä ilmene dokumenteista.

Kirjallisuudessa esitetyt tiedon jakamista estävät ja edistävät tekijät on koottu taulukkoon 5.3

Taulukko 5.3 Jakamisen esteet ja edistäjät

Esteet	Edistäjät
<ul style="list-style-type: none">• Fyysinen etäisyys• Ajallinen etäisyys• Sosiaalinen etäisyys• Muut tekijät<ul style="list-style-type: none">○ vanhat tavat○ motivaatio○ suhde○ tietämättömyys○ kiire	<ul style="list-style-type: none">• Kulttuuri<ul style="list-style-type: none">○ ymmärtäminen○ kannustimet○ vuorovaikutus• Teknologia• Infrastruktuuri<ul style="list-style-type: none">○ fyysinen asemointi○ hierarkia○ tietämyksen hallinta- ohjelma

5.3.4. Käyttäminen

Informaation käyttäminen on informaation hallinta -prosessin viimeinen ja samalla ehkä haastavin vaihe. Suunnittelijoille elinkaarikustannusinformaatio tarjoaa perustelut kalliimmille investoinneille. Suunnittelijat eivät enää mieti pelkästään investointikustannuksia, vaan katsovat koko elinkaaren kustannuksia. Toteutusvaiheessa elinkaarikustannuksien ymmärtäminen motivoi laadukkaampaan laitteiden asentamiseen ja viritykseen. Talotekniikan käyttäjille elinkaarikustannuksien oivaltaminen luo perustan jatkuvalle järjestelmän ja prosessien kehittämislle. Laadukkaalla huollolla ja kunnossapidolla sekä järjestelmän säätöjen ja prosessien parantamisella saavutetaan pienemmät käyttökustannukset. Talotekniikan prosessien hallitseminen on käyttövaiheessa oleellista. Järjestelmän käyttäjä ei voi mennä nostamaan koko rakennuksen lämpötilaa yhden asiakkaan valittaessa kylmyyttä. Pikemminkin hänen tulisi selvittää, miksi tämä yksi henkilö palelee. Toimiiko lämpöpatterit asiakkaan huoneessa tai vetääkö ikkunasta?

Hankkeissa, joissa rakennuksen toteuttava yritys on eri kuin ylläpitävä yritys, elinkaarikustannusinformaation käyttämisestä hankaloittaa rakennusalan kova hintakilpailu. Rakennuksen tilaaja valitsee halvimman tarjouksen, koska tilaaja ja rakennuksen käyttäjä ovat usein eri tahot. Esimerkiksi yritys rakennuttaa

toimitiloja ja vuokraa niitä eteenpäin. Tällöin tilaaja ei ole valmis maksamaan lisähintaa edullisemmasta rakennuksen käytöstä, koska kalliimpi investointihinta heijastuisi korkeampina vuokrina. Lisäksi rakennuksen käyttökustannukset eivät tule tilaajan maksettavaksi, vaan niistä vastaa rakennuksen käyttäjä. Kuitenkin hankkeissa, joissa järjestelmät rakentaa ja ylläpitää sama yritys, on elinkaarikustannuksien huomioiminen järkevää, sillä käytössä tulevat kustannussäästöt tulevat myös rakennuksen toteuttavan yrityksen eduksi.

6. Tapaustutkimushanke

Tämän luvun tarkoitus on esitellä empiirisen tutkimuksen kohde ja tutkimusmenetelmät. Luvun aluksi käydään tarkemmin läpi työn tutkimusmenetelmät, mm. haastateltavat ja haastattelumenetelmät kuvataan yksityiskohtaisesti. Luvun lopuksi tutustutaan tapaustutkimushankkeeseen.

6.1. Tutkimusmenetelmät

Empiirisessä tutkimuksessa tarkastellaan toteutunutta rakennushanketta kirjallisuusosuudessa esille tulleilla menetelmillä. Empiirisen tutkimuksen kohteen toteutuksen eteneminen selvitetään haastatteluin ja asiakirjoihin tutustumalla. Hankkeeseen liittyvää hiljaista tietoa pyritään löytämään haastattelujen avulla ja havaittavaa tietoa tutkimalla asiakirjoja. Tämän lisäksi yhden taloteknisen järjestelmän elinkaarikustannusinformaatioita seurataan esisuunnittelusta käyttöön.

6.1.1. Haastattelut

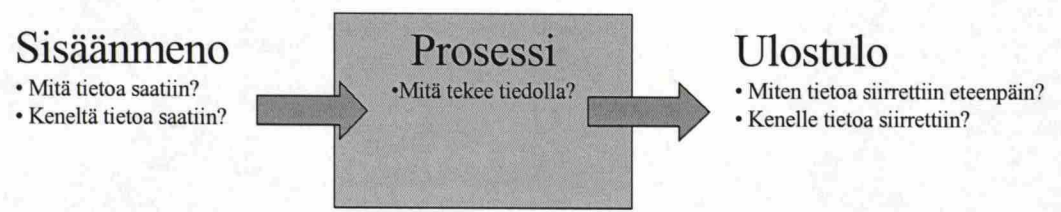
Tutkimuksen haastatteluaineistona käytetään syksyllä 2003 ja keväällä 2004 tehtyjä haastatteluja. Syksyn haastattelut ovat olleet lähdemateriaalina myös kirjoittajan tekemään julkaisemattomaan erikoistyöhön. Erikoistyö käsitteli samaisen rakennushankkeen rakennusautomaatiojärjestelmän toimitusprojektia. Syksyn haastattelut keskittyivätkin enemmän rakennusautomaatioprojektiin ja sen vaiheisiin. Tässä työssä syksyn haastattelut toimivat toissijaisena lähteenä muodostettaessa kokonaiskuvaa hankkeen kulusta. Sekä syksyn 2003 että kevään 2004 haastateltavat ja heidän roolit hankkeessa on koottu taulukkoon 6.1.

Taulukko 6.1 Haastateltavat

	Tehtävänimike	Organisaatio	Rooli	S 2003	K 2004
Esisuunnittelu	Markkinointipäällikkö	Ylläpito	Hankkeen alkuvaiheen ohjaus		x
	Projektipäällikkö	Ylläpito	Tarjouksen valmistelu ylläpidon osalta		x
	Aluemyyntipäällikkö	Urakointi	Tarjouksen valmistelu urakoinnin osalta		x
Suunnittelu	Suunnittelupäällikkö	Insinööritoimisto	Insinööritoimiston suunnittelusta vastaava		x
	Suunnittelupäällikkö	Urakointi	Taloteknisen suunnittelun vetäjä	x	
	Markkinointipäällikkö	Urakointi	Talotekniikan elinkaarikustannuslaskennat		x
Toteutus ja käyttöönotto	Projektipäällikkö	Urakointi	Taloteknisen urakan vetäjä	x	x
	Projektinhoitaja	Urakointi	Talotekniikan toteutus		x
	Projektinhoitaja	Ylläpito	Talotekniikan toteutus	x	
	Projektinhoitaja	Urakointi	Talotekniikan toteutus	x	
Käyttö	Kiinteistöpäällikkö	Ylläpito	Kiinteistöstä vastaava		x
	Asiakaspalvelupäällikkö	Ylläpito	Talotekniikasta vastaava	x	x
	Huoltomies	Ylläpito	Talotekniikan ylläpito	x	x
	Huoltomies	Ylläpito	Talotekniikan ylläpito	x	
	Palvelupäällikkö	Palveluntarjoaja	Kiinteistön palveluista vastaava		x
	Vahtimestari	Palveluntarjoaja	Yhteyshenkilö asiakasrajapinnassa		x

Syksyn 2003 että kevään 2004 haastattelut ovat olleet teemahaastatteluja, joissa vastaaja pääsee varsin vapaamuotoisesti puhumaan, ja teemarunko muodostaa ainoastaan haastattelun viitteellisen kehikon. Haastattelujen tarkoitus onkin ollut, että haastateltava kertoo mahdollisimman paljon omin sanoin.

Haastattelujen aluksi haastateltaville kerrottiin tutkimuksen tausta ja tavoitteet. Tällä johdannolla haasteltavien ajatukset vietiin tutkimuksen aihepiiriin. Alustuksen jälkeen haastattelut noudattivat liitteen A kysymysrunkoa. Kysymyksien rakenne noudatti prosessiajattelun vaiheita, kuten kuvassa 6.1.



Kuva 6.1 Kysymyksien rakenne

Prosessin sisäänmeno kuvaa tietoa, jonka haastateltava oli saanut tullessaan mukaan hankkeeseen. Itse prosessi kuvaa haastateltavan tekemää tiedon muokkaamista. Prosessin ulostulo esittää tietoa, jonka haastateltava välitti hankkeessa eteenpäin. Haastatteluissa kysyttiin yleensä tiedon välittymisestä, sillä kuten synteessissä todettiin ei jokaisessa talotekniikan elinkaaren vaiheessa ole erillistä elinkaarikustannusinformaatioita. Haastattelujen tulokset otettiin talteen tekemällä muistiinpanoja.

6.1.2. Asiakirjat

Tutkimusta varten oli käytettävissä suuri määrä hankkeeseen liittyviä asiakirjoja. Nämä dokumentit ja vaiheet, joissa dokumentit luotiin, on koottu taulukkoon 6.2.

Taulukko 6.2 Empiirisen tutkimuksen asiakirjat

Hankkeen vaiheet	Asiakirjat
Esisuunnittelu	Asiakkaan tarjouspyyntö
	Talotekniikan tarjousmateriaali
Suunnittelu	Talotekniikan työselitys
	Tekniset piirustukset
	Suunnittelukokouspöytäkirjat
Toteutus ja käyttöönotto	Asennus- ja käyttöohjeet
	Työmaakokouspöytäkirjat
	Käyttäjäkokouspöytäkirjat
Käyttö	Kiinteistön ylläpito -asiakirjat
	Huoltokirja

6.1.3. Elinkaaritarkastelu

Elinkaaritarkastelun kohteeksi valittiin kiinteistön eniten energiaa kuluttava ilmanvaihtokoje. Ilmanvaihtokojeen elinkaaresta hankittiin havaittavaa tietoa talotekniikan tarjousmateriaalista, ilmanvaihdon toimintakaavioista ja IV-lämmöntalteenoton elinkaarikustannuslaskelmista. Hiljaista tietoa taasen saatiin haastattelujen yhteydessä. Elinkaaritarkastelut painottuivat havaittavaan elinkaarikustannusinformaatioon, sillä hiljaisen elinkaarikustannusinformaation toteaminen on jälkeenpäin vaikeaa.

Ilmanvaihtokojeen elinkaaren alkuvaiheesta saatiin helposti havaittavaa tietoa teknisistä dokumenteista ja elinkaarikustannuslaskelmista. Alkuvaiheen elinkaarikustannusinformaatio on kuitenkin vain arvioita tulevista kustannuksista, joten näiden estimaattien hyvyyden selvittämiseksi estimaatteja verrattiin toteutuneisiin kustannuksiin. Hankkeen alkuvaiheen laskelmissa oli arvioitu ilmanvaihtokojeen lämmön- ja sähkönkulutusta, joten toteutuneiden kustannuksien selvittäminen keskittyi näihin kulutuksiin. Toteutuneiden kustannuksien kerääminen osoittautui vaikeaksi, sillä rakennusautomaatiojärjestelmästä ei saa kulutustietoja yksittäisistä järjestelmistä. Sähkön-, lämmön- ja vedenkulutustiedot ilmoitetaan rakennusautomaatiojärjestelmässä vain koko kiinteistön tasolla. Tämän takia toteutuneen kulutustiedon saamiseksi tehtiin energiankulutusmittauksia. Mittaukset ja niiden pohjalta tehdyt energiankulutuslaskelmat esitellään tarkemmin liitteessä B.

6.2. *Tapaustutkimushankkeen eteneminen*

Rakennus on nyt ollut noin puoli vuotta aktiivisessa käytössä. Monta asiaa on tapahtunut ennen kuin tähän ollaan päästy. Käydään seuraavaksi läpi hankkeen vaiheita ja tapahtumia talotekniikan näkökulmasta synteessissä sivulla 42 esitetyn talotekniikan elinkaarivaiheistuksen mukaan.

6.2.1. Esisuunnittelu

Talotekniset esisuunnitelmat ja suunnitelmat teki insinööritoimisto, jonka työtä ohjasi urakoitsija. Esisuunnittelun perustana toimivat asiakkaan tarjouspyynnön vaatimukset ja arkkitehdin tilaohjelma. Taloteknisen esisuunnittelun pohjana voitiin käyttää aikaisempia kokemuksia, sillä talotekniset perusratkaisut toistuvat rakennuksesta toiseen. Näitä perusmalleja tarkennettiin juuri tälle rakennukselle tekemällä laskelmia mm. ilmanvaihdon, lämmöntalteenoton ja energiankulutukselle. Esisuunnitteluvaiheessa arvioitiin myös talotekniikan aiheuttamia elinkaarikustannuksia. Arvioit perustuivat vastaavanlaisten rakennusten kulutuksiin ja insinööritoimiston arvioihin. Esimerkiksi käyttökustannuksiin saatiin vertailutietoa VTT:n ja TKK:n tutkimuksista sekä puolustusvoimien tilastoista. Laskelmien ja aikaisempien kokemusten perusteella tehtiin päätökset millaisilla järjestelmillä ilmanvaihto ja lämmitys

toteutetaan. Järjestelmävalintojen osalta päädyttiin jo ennalta tuttuihin järjestelmiin, koska järjestelmien toimivuus haluttiin varmistaa. Energiaa säästäviä taloteknisiä ratkaisuja olivat lämpötilan ja CO₂-pitoisuuden mukaan ohjattu ilmastointi sekä ilmanvaihdonlämmöntalteenotto.

6.2.2. Suunnittelu

Suunnittelun aikana järjestelmätason suunnitelmat tarkennettiin laite- ja komponenttitasolle. Talotekniset suunnittelijat toimivat yhteistyössä arkkitehdin, rakennesuunnittelijoiden, asiakkaan ja viranomaisten kanssa. Tietoa osapuolten kesken vaihdettiin suunnittelukokouksissa ja Internetpohjaisen Raksanet – projektitietopankin välityksellä. Suunnittelukokouksia pidettiin tavanomaista enemmän, sillä rakentaminen käynnistyi suunnittelun ollessa vielä osittain kesken. Joitakin muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin tehtiin, mm. ilmamääräsäätöjärjestelmää parannettiin. Myös IV-lämmöntalteenoton laitevalintoja muutettiin suunnittelun loppuvaiheessa laadittujen lämmöntalteenoton elinkaarikustannuslaskelmien johdosta. Rakentamisen alettua talotekniset suunnittelijat jatkoivat työskentelyä seuraamalla asennustyön etenemistä tarkastuksin ja katselmuksin. Suunnitelmiin tehtiin myös pienimuotoisia täydennyksiä ja muutoksia rakennustyön aikana, jotta järjestelmät sopisivat paremmin käyttötarkoitukseensa.

6.2.3. Toteutus ja käyttöönotto

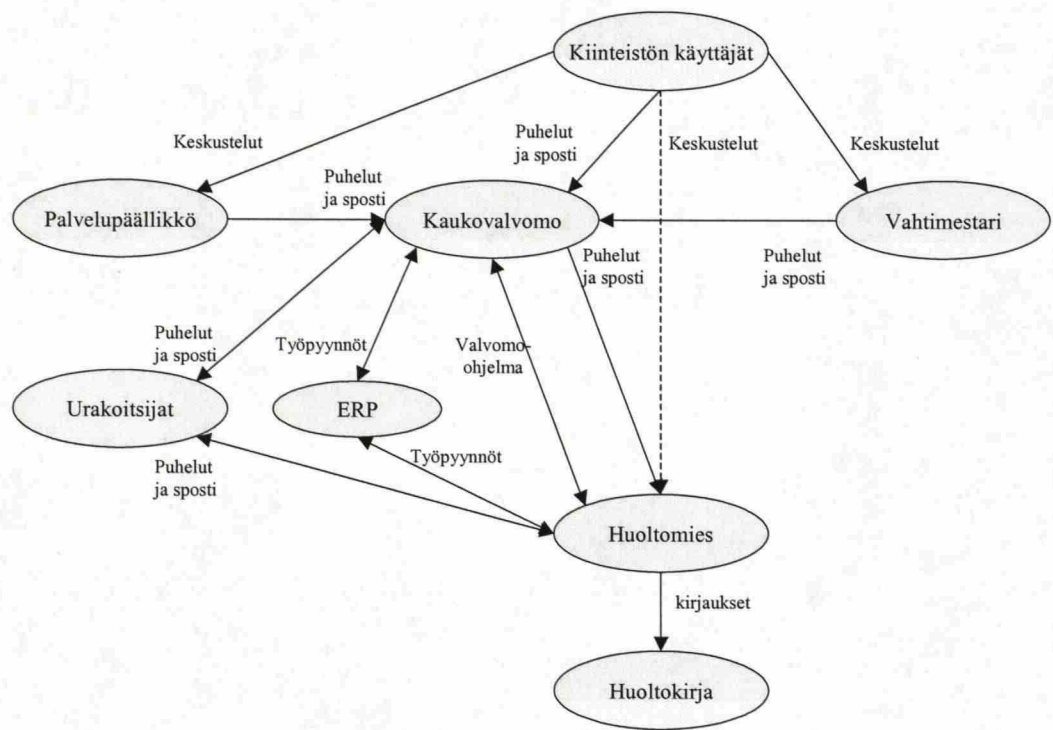
Tähän vaiheeseen tultaessa eri osapuolten vastuut ja aikataulut oli tarkasti sovittuja. Itse toteutusvaiheessa laitteet asennettiin ja järjestelmät ohjelmoitiin ja testattiin. Talotekniikan elinkaarikustannuksia pyrittiin pienentämään vetämällä ylimääräistä kaapelia mahdollisia laitelaajennuksia varten. Näin myöhemmin käyttöönotettavien laitteiden asennus tehtiin edullisemmaksi. Käyttäjät pääsivät vaikuttamaan toteutukseen tuomalla esille omia mielipiteitään käyttäjä- ja työmaakokouksissa. Toteutuksen aikana tuli eteen muutama ongelma, kun tekniset piirustukset olivat osittain ristiriitaisia. Suunnitelmissa tapahtuneita muutoksia ei oltu välitetty kaikkiin suunnitelmakuviin.

6.2.4. Käyttö

Käyttäjät ovat olleet varsin tyytyväisiä taloteknisten järjestelmien toimintaan. Mitään suurempia ongelmia ei ole ollut, eikä rakennuksessa tapahtuvaa toimintaa ole tarvinnut talotekniikan vuoksi keskeyttää. Kuten rakennushankkeissa aina, on ensimmäinen vuosi ollut vielä järjestelmien kehittämistä. Esimerkiksi yhteen huoneeseen ollaan lisätty lämpöpattereita, sillä huoneeseen on hohkanut kylmää ilmaa alumiinisesta tukipalkista. Lisäksi kulunvalvontaa ja valo-ohjausta on muutettu käyttäjien tarpeita vastaavaksi.

Taloteknisten järjestelmien toiminnasta vastaa paikanpäällä huoltomies. Hän on kanssakäymisissä rakennuksen käyttäjien kanssa, valvoo ja ylläpitää järjestelmien toimintaa sekä tekee pieniä huoltotöitä. Vaikeammassa vikatilanteissa hän kutsuu

urakoitsijan avuksi. Suurin osa rakennuksen käyttäjien vikailmoituksista ja palvelupyynnöistä tulee kaukovalvomon kautta. Kaukovalvomosta työpyynnöt välitetään huoltomiehelle puhelimella tai sähköpostilla sekä ERP –järjestelmällä (Enterprise Resource Planning). ERP –järjestelmän lisäksi huoltomies käyttää työssään rakennusautomaatiojärjestelmän valvomo-ohjelmaa ja elektronista huoltokirjaa. Huoltokirjaan kootaan kiinteistön hoidon, huollon ja kunnossapidon lähtötiedot, tavoitteet, tehtävät ja ohjeet. Huoltokirjaan taltioidaan myös korjausten ja kulutusten historiatiedot. Myös kaukovalvomo voi seurata kiinteistön järjestelmien toimintaa rakennusautomaatiojärjestelmän valvomo-ohjelman kautta. Tätä tehdään varsinkin huoltomiehen työajan ulkopuolella. Edellä kerrottua kiinteistön ylläpitotoiminnan tiedonvaihtoa esittää kuva 6.3.



Kuva 6.3 Talotekniikan ylläpitotoiminta

7. Elinkaarikustannusinformaatio tapaustutkimushankkeessa

Tässä ja seuraavassa luvussa analysoidaan empiiristä aineistoa kirjallisuudessa esille tulleilla menetelmillä. Tämän luvun idea on tarkastella synteessissä esiteltyä talotekniikan elinkaarikustannusinformaatiota tapaustutkimuskohteessa. Luvun myötä selviää minkälaista elinkaarikustannusinformaatio oli kussakin hankkeen vaiheessa. Luvun lopuksi tutustutaan tarkemmin yhden ilmanvaihtokojeen elinkaarikustannusinformaatioon.

7.1. Esisuunnittelu

Hankkeen alkuvaiheessa elinkaariasioita tuotiin esille ideatasolla suunnittelukokouksissa ja muutamissa vapaamuotoisemmissa aivoriiehissä. Näissä tapaamisissa käsiteltiin mm. käyttäjien tarpeita, muuntojoustavuutta ja riskianalyyskejä. Hankkeen alkuvaiheessa mukana ollut markkinointipäällikkö totesikin juuri asiakkaan prosessien ymmärtämisen olevan elinkaariajattelua. Mihin rakennusta käytetään kahdenkymmenen vuoden päästä? Mitä asioita nyt pitää huomioida tulevaisuutta silmällä pitäen? Hän mainitsi myös riskit osaksi elinkaariajattelua. Mikä pitäisi valita rakennuksen lattiamateriaaliksi, ettei kukaan liukastuisi siellä?

Aivoriiehien ja suunnittelukokouksien lisäksi hiljaista elinkaarikustannusinformaatioita edustavat suunnittelijoiden piirustuksissaan esille tuomat elinkaarikustannuksia säästävät ideat. Esimerkiksi rakennus sijoitettiin siten, että suurin osa auringon lämpösäteilystä suuntautuu rakennuksen lasiseinään. Näin sisälämpötilan ylläpitämiseksi saatiin enemmän ilmaista auringon lämpöenergiaa. Taloteknisiä ratkaisuja elinkaarikustannuksien pienentämiseen olivat ilmanvaihdon lämpötila- ja CO₂-ohjaus sekä ilmanvaihdonlämmöntalteenotto. Kuitenkaan näiden taloteknisten toimenpiteiden vaikutusta elinkaarenkustannuksien pienentämiseen ei laskettu. Kuten kappaleessa 3.5.2 todettiin, eivät energiaa säästävät toimenpiteet välttämättä pienennä elinkaarikustannuksia.

Hankkeen alkuvaiheen suunnittelussa arkkitehdillä oli vahva rooli. Hänen tekemillä päätöksillä rakennuksen muodosta ja materiaaleista oli suuret vaikutukset rakennuksen elinkaarikustannuksiin. Talotekniset suunnittelijat toivoivatkin pääsevänsä vaikuttamaan jo näihin arkkitehdin luonnoksiin. Hyvänä esimerkkinä tällaisesta arkkitehdin ja talotekniikan yhteistyöstä oli taloteknisen suunnittelun vetäjän idea rakennuksen sijoittamisesta edellä mainitulla energiaa säästävällä tavalla.

Esisuunnitteluvaiheessa arvioitiin talotekniikan elinkaarikustannuksia. Kustannusarviot perustuivat vastaavanlaisten rakennusten kulutuksiin ja

insinööritoimiston arvioihin. Nämä kustannusarviot olivat enemmänkin jo valitun järjestelmän tulevien kustannuksien estimointia kuin vaihtoehtoisten järjestelmien vertailua. Kustannusarviot loivat kyllä hankkeen käyttökustannuksille tavoitteen, mutta arvioilla ei ollut selvää ohjaavaa vaikutusta suunnittelun ja toteutuksen etenemiseen, esimerkiksi kustannusarvioita ei päivitetty suunnitelmien muuttuessa.

7.2. Suunnittelu

Suunnittelun aikana yksityiskohtaisempaa elinkaarikustannuslaskentaa tehtiin IV-lämmöntalteenottolaitteista. Nämä laskelmat olivat talotekniikan osalta ainoat toteutusvaihtoehtoja vertailevat elinkaarikustannuslaskelmat. Laskelmissa verrattiin erilaisia IV-lämmöntalteenottoja perustuen niiden investointi-, sähkö- ja lämpöenergiakustannuksiin. Laskelmien perusteella osa aiemmin suunnitelluista lämmöntalteenottolaitteista vaihdettiin elinkaarikustannuksiltaan edullisempiin ratkaisuihin. Muilta osin esisuunnittelun perusratkaisut pysyivät läpi hankkeen.

7.3. Toteutus ja käyttöönotto

Synteesin mukaan elinkaarikustannusinformaatiota toteutus- ja käyttöönottovaiheessa ovat laitteiden laadukas asennus ja viritys. Asentajien työn jälkeä seurattiin katselmuksin ja tarkastuksin, joilla varmistettiin, että viranomaisten ja urakkasopimuksen mukaiset vaatimukset tulevat täytetyksi. Myös järjestelmien käyttäjät olivat pääasiassa tyytyväisiä toteutuksen laatuun. Kuitenkin käyttäjät toivoivat tiiviimpää yhteistyötä urakoitsijan kanssa urakan valmistumisen jälkeenkin. Urakoitsijan siirryttyä muihin projekteihin, oli viimeistelytöiden ja säätöjen virittämisen saaminen ollut työlästä.

Kiinteistön elinkaarikustannuksia ajateltiin toteutusvaiheessa vetämällä ylimääräistä kaapelia ja jättämällä varauksia uusille laitteille. Näin myöhemmin lisättävien laitteiden asennus tehtiin helpommaksi ja halvemmaksi.

7.4. Käyttö

Paikanpäällä olevan huoltomiehen toiminta on järjestelmien seuranta ja ylläpitoa. Hän tekee järjestelmiin pieniä muutoksia suunnittelijan ja urakoitsijan antamissa rajoissa. Esimerkiksi ilmastoinnin säätöihin ja aikaohjelmiin hänellä ei ole lupaa koskea. Joten järjestelmien ylläpidosta vastaavan huoltomiehen toiminta ei ole varsinaista prosessien kehittämistä ja jatkuvaa parantamista. Tällaiseen työhön ei hänen ammattitaitonsa eikä aikansa riitä. Talotekniset laitteet ovat sen verran monimutkaisia, ettei ylläpitohenkilöstä voi osata kaikkien laitteiden ominaisuuksia. Taloteknisten järjestelmien toimintaa kyllä hiotaan urakoitsijan

taholta asiakkaan prosesseja vastaavaksi jälki- ja takuutarkastuksin, mutta energiaa säästäviä toimenpiteitä, kuten säätöjen parantamista, ei tehdä.

7.5. Ilmanvaihtokojeen elinkaaritarkastelut

Ilmanvaihtokojeen elinkaaren aikana on tapahtunut muutoksia sekä itse järjestelmässä että tiloissa, joita järjestelmä palvelee (taulukko 7.1). Käydään seuraavaksi tarkemmin läpi, mihin luvut taulukossa 7.1 perustuvat.

Taulukko 7.1 Ilmanvaihtokojeen elinkaaren vaiheita

	Esisuunnittelu	Suunnittelu	Toteutunut
Käyttöaika	6620 h/a	6620 h/a	8640 h/a
Käyttöaste	ma-su klo 6-23 100% ma-su klo 23-6 50%	ma-su klo 6-23 100% ma-su klo 23-6 50%	ma-su 76%
Lämmöntalteenoton hyötysuhde (%)	50	60	60
Tulopuhallin (m³/s)	6,9	7,5	8,0
Lämmönkulutus (MWh/a)	430	550	500
Sähkönkulutus (MWh/a)		122	80

Asiakkaan tarjouspyynnössä kuvattiin karkeasti tiloja, joita tarkastelun kohteena oleva ilmanvaihtokoje palvelee. Tarjouspyynnössä kerrottiin tilojen tulevasta käyttötarkoituksesta ja laatuvaatimuksista. Näiden vaatimuksien perusteella valittiin tiloja palvelemaan vesi-glykoli lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihtokoje. Kojeen käyttöaika, käyttöaste, lämmöntalteenoton hyötysuhde ja ilmanvaihdon tarve arvioitiin ja arvioiden perusteella laskettiin kojeen tarvitsema lämmönkulutus. Lämmönkulutuslaskelmat on esitetty tarkemmin liitteessä E.

Suunnittelun edetessä IV-lämmöntalteenotoista tehtiin vertailevia elinkaarikustannuslaskelmia, joiden perusteella päädyttiin vaihtamaan vesi-glykoli lämmöntalteenotto Econet-lämmöntalteenottoon. Lämmöntalteenotto vaihdettiin, koska Econet-lämmöntalteenotto osoittautui pienen sähkönkulutuksen ansiosta elinkaarikustannuksiltaan halvimmaksi ratkaisuksi. Samalla lämmöntalteenoton hyötysuhde parani 50%:sta 60%:in. Käyttöaikoina ja käyttöasteena laskelmissa käytettiin esisuunnittelun arvoja. Ilmanvaihdon tarve sen sijaan arvioitiin hieman suuremmaksi. Elinkaarikustannuslaskelmat perustuivat laitetoimittajan energialaskentaohjelman tuloksiin, joten algoritmit, joilla lämmön- ja sähkönkulutukset laskettiin, jäivät pimentoon.

Toteutusvaiheessa ilmanvaihtokoje asennettiin ja viritettiin toimimaan siten, että kojeen palvelemissa huoneissa saavutettiin vaaditut olosuhteet. Ilmanvaihdon määrää jouduttiin lisäämään, jotta nämä vaatimukset täytettäisiin. Käyttövaiheessa ilmanvaihtokojeen toimintaa seurataan rakennusautomaatiojärjestelmän valvomo-ohjelman avulla. Käyttövaiheen toiminta on poikkeuksiin reagointia, eikä ilmanvaihtokojeen säätöihin ole enää koskettu.

Esisuunnittelu- ja suunnitteluvaiheessa kojeen käyttöajaksi arvioitiin 6620 h/a eli reilu 9 kk/a, koska tiloilla ei arveltu olevan käyttöä kesäaikaan. Tilat ovatkin

kiinni neljä viikkoa kesällä, mutta ilmanvaihtoa ei voida pysäyttää täksi ajaksi tilojen sisäilman laatuvaatimuksien takia. Tästä johtuen toteutuneeksi käyttöajaksi saatiin 8640 h/a eli 12 kk/a.

Toteutunut ilmanvaihtokojeen käyttöaste saatiin laskemalla tuloilmapuhaltimen ohjausarvojen, liite D taulukko D.4, keskiarvo aikavälillä 6-23 ja 23-6. Molemmilla aikaväleillä käyttöasteeksi saatiin 76 %, joka on eri kuin suunnitteluvaiheessa oli arvioitu. Tiloissa tapahtuva käyttö ei vaikutakaan niin paljon ilmanvaihdon ohjaukseen kuin oli ajateltu. Jotta tiloissa voidaan ylläpitää vaaditut olosuhteet, täytyy tietty ilmamäärä vaihtua tiloissa riippumatta siitä käytetäänkö tiloja vai ei.

Toteutuneet energiakulutukset perustuvat liitteen B mittauksiin ja laskelmiin. Toteutuneen kustannustiedon kerääminen osoittautui yllättävän työlääksi. Koska rakennusautomaatiojärjestelmästä ei saatu järjestelmäkohtaista kulutustietoa, jouduttiin energiankulutuksen määrittämiseksi tekemään mittauksia. Energiankulutusmittauksien suurin epätarkkuus liittyi lämmityspiirin veden virtauksen määrittämiseen. Lämmityspiirin paluuveden paineentasausventtiilin yli tehdyissä paine-eromittauksissa mittauksilukemat seilasivat johtuen säätöventtiilin pienestä toiminta-alueesta. Myös laskettu sähkönkulutus sisältää epätarkkuutta. Sähkönkulutuslaskelmien oletus, tulo- ja poistoilmapuhaltimen sähkönkulutukset ovat yhtä suuret, ei todellisuudessa pidä aivan paikkaansa. Tyypillisesti poistoilmapuhaltimen kulutus on noin 20% pienempi kuin tuloilmapuhaltimen.

Esisuunnittelu- ja suunnitteluvaiheessa arvioidut energiankulutukset poikkeavat toteutuneesta kulutuksesta. Erot johtuvat osittain ilmanvaihtokojeen elinkaaren aikana on tapahtuneista muutoksista, osittain energiankulutuslaskelmien approksimaatioista. Kojeen käyttöaika on pidentynyt lähes kolmella kuukaudella ja ilmanvaihdon tarve on lisääntynyt $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$, jotka lisäävät energiankulutusta. Toisaalta käyttöaste on tippunut 85%:sta 76%:iin ja lämmöntalteenoton hyötysuhde on parantunut 50%:sta 60%:iin. Käyttöaste 85% saadaan laskemalla suunnitellut käyttöasteet yhteen, $17/24 \cdot 100\% + 7/24 \cdot 50\% = 85\%$. Käyttöasteen pienentyminen vaikuttaa voimakkaasti sähkönkulutukseen, sillä sähkönkulutus kasvaa puhaltimen tehon kolmanteen potenssiin. Kulutusarvot ovat varsinkin lämmönkulutuksen osalta lähellä toteutuneita kustannuksia, joten arvioita kannattaa selvästikin tehdä. Mutta kuinka paljon aikaa ja vaivaa kustannusarvioihin ja elinkaarilaskentaan pitäisi käyttää, jos järjestelmät ja niiden palvelevat tilat muuttuvat kumminkin ennen järjestelmien käyttöönottoa. Kustannusarvioita onkin turha liian aikaisessa vaiheessa tarkentaa liian yksityiskohtaiselle tasolle. Kuten kirjallisuusosuudessa sivulla 25 esitettiin, kannattaa elinkaarikustannuslaskelmia tarkentaa hankkeen edetessä. Näin kustannusarvioita ja -laskelmia varten saadaan aina uusinta tietoa. Toisaalta laskelmien estimaatteja kannattaa parantaa keräämällä kokemustietoa toteutuneista kustannuksista. Ilman kokemustietoa laskelmien arviointivirheet voivat toistua laskelmasta toiseen.

8. Elinkaarikustannusinformaation välittyminen tapaustutkimushankkeessa

Tässä luvussa tarkastellaan tapaustutkimushanketta synteessissä esitetyn elinkaarikustannusinformaation hallinta -prosessin näkökulmasta. Prosessi antaa työkalun hankkeen informaation välittymisen tutkimiseen.

8.1. Tarve

Perustan elinkaarikustannusinformaatiolle antoi asiakkaan tarjouspyyntö. Siinä määriteltiin yksityiskohtaisesti asiakkaan tilantarve ja tilojen laatuvaatimukset. Nämä tiedot loivat taloteknisen suunnittelun pohjan. Asiakkaan vaatimuksia tarkennettiin myöhemmin useissa suunnittelu- ja käyttäjäkokouksissa.

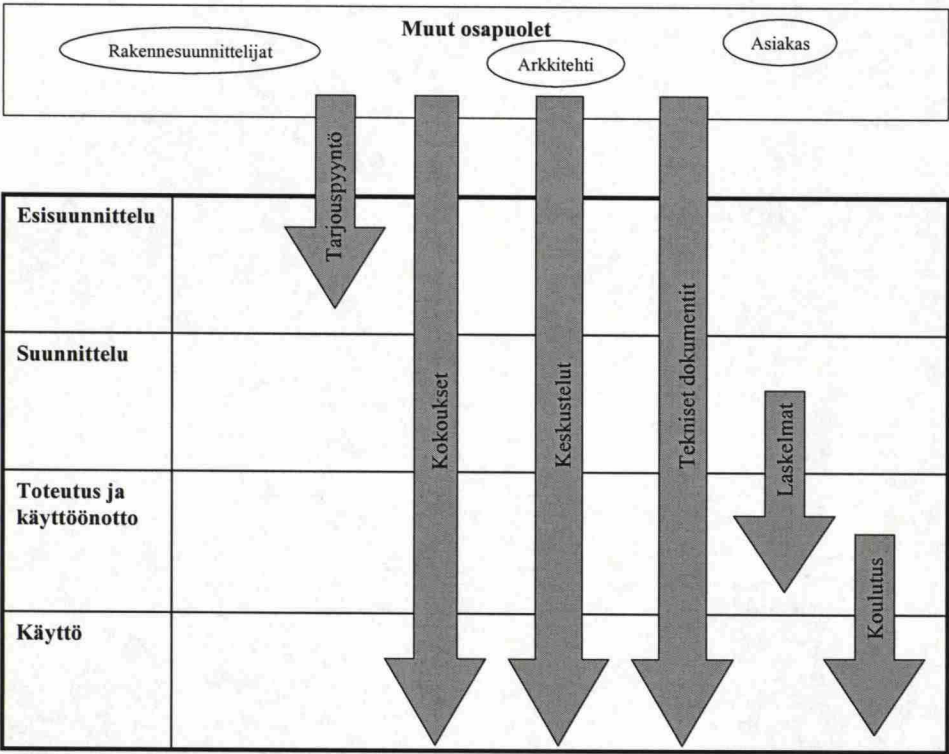
8.2. Haltuunotto

Teorian mukaista elinkaarikustannuslaskentaa tehtiin hankkeessa tarjousvaiheessa ja suunnitteluvaiheen loppupuolella. Esisuunnitteluvaiheessa laadituilla elinkaarikustannusarvioilla määritettiin käyttökustannuksille tavoite, mutta selvästi suunnitteluun arvioit eivät vaikuttaneet. Suunnittelutyö etenikin samalla tavalla kuten oli toimittu aikaisemmissa hankkeissa. Suunnitteluvaiheen loppupuolen laskelmissa verrattiin aikaisemmin suunniteltuja IV-lämmöntalteenottoratkaisuja laskelmien tekijän, urakointiosaston markkinointipäällikön, ehdottamiin vaihtoehtoihin. Laskelmilla havainnollistettiin, kuinka oikeilla laitevalinnoilla saataisiin n. 20% säästöt elinkaarikustannuksissa verrattuna alkuperäiseen ratkaisuun. Laskelmien avulla saatiinkin haltuun laskelmien tekijän ja laitevalmistajan tietotaitoa elinkaaritaloudellisista ratkaisuista. Lisäksi tämä tieto oli laskelmien kautta helposti ymmärrettävässä muodossa.

IV-lämmöntalteenoton laskelmien tulokset olivat selvästi esitetty, mutta jälkikäteen tehtyä tarkastelua vaikeutti osittaiset puutteet laskennan läpinäkyvyydessä. Osa lähtöarvoista perustui laitetoimittajan energialaskentaohjelman sisäisiin algoritmeihin ja osa oli jätetty kokonaan selittämättä. Perehtyminen tietoihin laskennan takana vaatiikin laskelmien tekijän avustusta.

8.3. Jakaminen

Elinkaarikustannusinformaatiota jaettiin hankkeessa tarjouspyynnön, kokouksien, vapaampien keskustelujen, teknisten dokumenttien, elinkaarikustannuslaskelmien ja käyttäjien koulutuksen muodossa (kuva 8.1). Havaittavaa tietoa edustivat tarjouspyyntö, tekniset dokumentit ja elinkaarikustannuslaskelmat. IV-lämmöntalteenoton elinkaarikustannuslaskelmat olivat hankkeen ainut erillinen havaittava elinkaarikustannusinformaatio. Tarjousta varten tehdyillä elinkaarikustannusarvioilla ei ollut selvää vaikutusta hankkeeseen, joten niitä ei katsottu elinkaarikustannusinformaation jakajaksi. Muissa dokumenteissa elinkaarikustannusinformaatio oli osa muuta informaatioita. Hiljaista tietoa jaettiin useissa hankkeen aikaisissa kokouksissa ja osapuolien välisissä keskusteluissa. Käyttäjien koulutus edusti sekä havaittavan että hiljaisen tiedon jakamista. Koulutuksessa näytettiin laitteiden toiminta paikanpäällä ja lisäksi annettiin dokumentaatiota käytön tueksi.



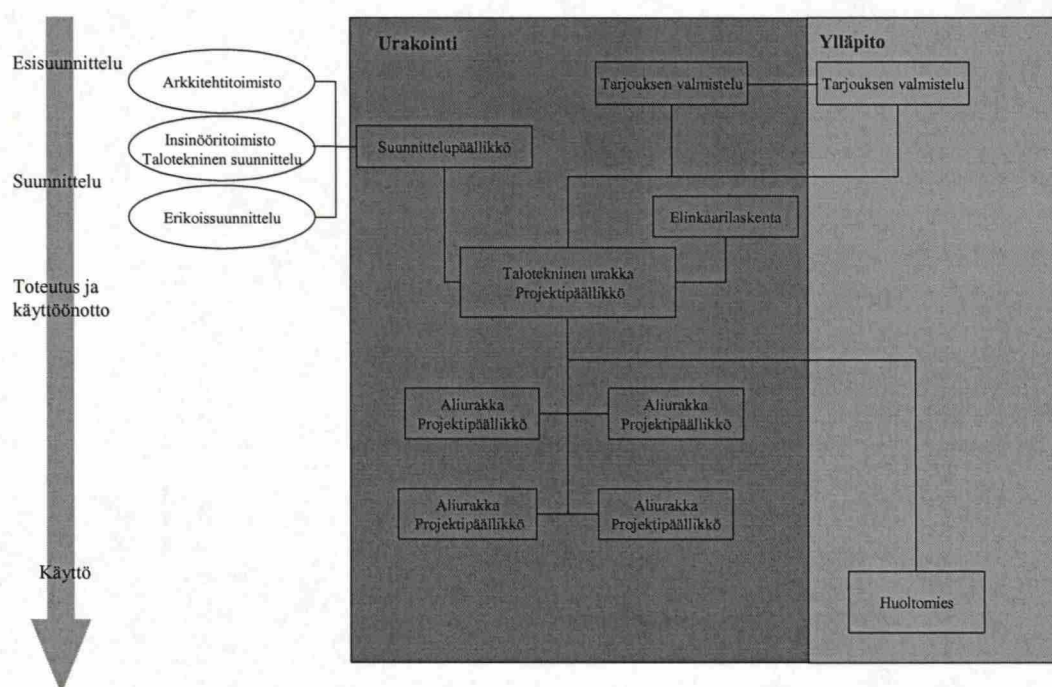
Kuva 8.1 Elinkaarikustannusinformaation välittäjät hankkeessa

Edellä esiteltiin hankkeen tiedon jakamisen menetelmät. Käydään seuraavaksi läpi millaisia tiedon jakamisen esteitä ja edistäjiä hankkeesta oli löydettävissä.

8.3.1. Esteet

Sosiaalinen etäisyys

Selvin hankkeen tiedon jakamisen este oli hierarkkinen tekijä. Hankkeessa urakointiosasto vastasi rakennuksen toteutuksesta ja ylläpito-osasto rakennuksen käytöstä (kuva 8.2). Nämä osastot toimivat erillisinä yksiköinä omine tavoitteineen. Urakoitsijan tavoite oli toteuttaa hanke mahdollisimman pienin investointikustannuksin, kun ylläpitäjä haki pieniä käyttökustannuksia. Tämä toimintapa ei tukenut elinkaariajattelun tavoitteita. Hankkeessa ei ollut mitään selvää toimintamallia, kuinka elinkaarikustannuksiltaan edullisemmille mutta investointikustannuksiltaan kalliimmille investoinneille olisi saatu hyväksyntä. Osastojen tavoitteiden erilaisuus haittasi myös käyttövaiheen toiminnan parantamista ja kehittämistä. Osastojen kesken oli erimielisyyttä siitä, kuinka paljon järjestelmien kehitystoimintaa pitäisi tehdä ja kuka sen maksaa.



Kuva 8.2 Hankkeen talotekniikkaan vaikuttaneet osapuolet

Toinen hierarkkinen tiedon jakamisen este oli hämäräksi jäänyt projektiorganisaatio. Osapuolten roolit ja tavoitteet eivät olleet kaikille selviä. Epätietoisuus siitä, kuka vastaa tai päättää asioista, vaikeutti osaltaan asioiden eteenpäin viemistä.

Kulttuurinen este oli osapuolien yhteistyön vaikeutuminen hankkeen edetessä suunnittelusta toteutukseen. Hankkeen alkuvaiheessa neuvoteltaessa vastuujaosta ja alustavista suunnitelmista hankkeen osapuolien välinen yhteistyö sujui hyvin. Tätä yhteishenkeä luotiin mm. vapaamuotoisemmilla tapaamisilla. Siirryttäessä suunnittelusta toteutukseen, ei yhteistyön sujuminen enää ollut niin helppoa. Toteuttavat tahot eivät aina päässeet yhteisymmärrykseen siitä, miten kustannuksia jaetaan. Käytännön tilanteissahan on loppujen lopuksi kyse siitä, kuka laskun maksaa.

Ajallinen etäisyys

Hankkeen edetessä moni hankkeeseen osallistuneista on jo vaihtanut työtehtäviä. Niinpä osa hiljaisesta tiedosta on matkan varrella hävinnyt. Ihmisten vaihtumisen takia aikaisempien päätöksien syitä ja perusteluja ei aina tiedetty. Rakennuksen käyttäjät eivät esimerkiksi olleet tietoisia siitä, miten aikaisemmin oli ajateltu jotkut käytännön asiat hoidettaviksi vai oliko asioita edes mietitty aikaisemmin. Kiinteistön palvelupäällikkö oli huomannut, että ihmisten vaihtuvuuden johdosta samat asiat tulivat aina tietyn välein uudelleen esille. Uusi työntekijä oli alkanut hetken työskenneltyään miettimään samoja asioita, mitä hänen edeltäjänsäkin oli miettinyt. Tämä on selvä osoitus siitä, ettei asiakirjoista voi löytää kaikkea tarvittavaa tietoa.

Muut tekijät

Muiksi tiedon jakamisen esteeksi voidaan lukea ristiriita käyttäjäkoulutuksen sisällöstä – urakoitsija tarjoama koulutus ei vastannut käyttäjien tarpeita. Urakoitsija katsoi antaneensa tarvittavan koulutuksen, mutta käyttäjät eivät olleet siihen tyytyväisiä. Käyttäjäkoulutus ei ollut järjestelmällistä toimintaa, vaan enemmänkin muun työn ohessa annettavaa opastusta. Moni asia oli neuvottu vasta ongelmien tullessa eteen. Myös koulutuksen sisällön määrittäminen osoittautui vaikeaksi. Urakoitsijat ja käyttäjät olivat eri mieltä, mitä pitäisi opettaa ja mikä oletetaan ennalta tiedetyksi. Jos talotekniikan käyttäjät kokivat koulutukset vaivallaiseksi, niin toisaalta järjestelmiin ja laitteisiin liittyvää dokumentaatiota katsottiin olevan liikaakin. Huoltomies sanoi työskentelevänsä ennen kaikkea perustuen aikaisempaan kokemukseensa ja lisäneuvojen tarpeessa soittavansa urakoitsijalle. Hän koki dokumenttien läpikäynnin liian työlääksi ja aikaa vieväksi. Selvästikään koulutuksen havaittavan ja hiljaisen tiedon määrä ei vastannut käyttäjien toivomuksia. Käyttäjät kokivat hiljaisen tiedon, kuten järjestelmien käytön opastuksen ja käyttöönoton jälkeisen neuvonnan, tärkeämmäksi kuin havaittavan tiedon, järjestelmiin ja laitteisiin liittyvän dokumentaation. Urakoitsija puolestaan painotti havaittavan tiedon määrää, koska dokumentaatioilla täytettiin urakkasopimuksen vaatimukset.

Hyvä esimerkki käyttöönoton jälkeisen neuvonnan tärkeydestä on rakennuksen erikoissuunnittelusta vastanneen toimittajan ja talotekniikan toimittajan ero urakan jälkeisessä yhteydenpidossa. Erikoissuunnitteluun kuuluneet laitteet ovat aiheuttaneet kymmenittäin hälytyksiä käyttöönoton jälkeen, mutta huoltomies ei ollut tästä harmissaan. Hän sai kehittää järjestelmien toimintaa yhdessä toimittajan kanssa ja sai aina tarvittaessa myös puhelimitse apua. Talotekniikan kanssa on ollut vain muutamia ongelmia käytönaikana, mutta urakoitsijan tavoittamisen vaikeuden takia ne koettiin suuriksi ongelmiksi.

8.3.2. Edistäjät

Teknologia

Tiedon jakaminen talotekniikan osalta perustui pitkälti asiakirjoihin. Tätä havaittavaa tietoa välitettiin Internet-pohjaisen Raksanet-projektitietopankin kautta hankkeen osapuolille. Siellä olivat hankkeeseen liittyvät tekniset

piirustukset ja kokousmuistiot kaikkien saatavissa. Esimerkiksi kokousmuistiot koettiin tärkeiksi, sillä niiden avulla pystyttiin jälkeenpäin osoittamaan, mistä asioista oltiin sovittu. Projektitietopankin käyttö kuitenkin vaikeutti muutoksien ja päivityksien seurantaa. Dokumentteja päästiin projektitietopankin avulla helposti muokkaamaan, mutta muutoksista ei aina muistettu ilmoittaa muille osapuolille. Raksanetin lisäksi dokumenttien välitystä helpotti toinen dokumenttien hallintaohjelma. Kun Raksanetiä käytettiin kaikkien hankkeeseen osallistuneiden kesken, niin tätä toista dokumenttien hallinta ohjelmaa käytettiin vain urakointi- ja ylläpito-osastojen kesken. Ohjelmaa käytettiin mm. hankkeen aikataulujen, laatuasiakirjojen, tarkastuspöytäkirjojen jakamisessa.

Teknologia oli tiedon jakamisen edistäjä hankkeessa, mutta IT -ohjelmistojen käytössä ja käytettävyydessä on edelleen parannettavaa. Kaikkia teknologian tuomia etuja ei vielä täysin käytetty hyödyksi. Esimerkiksi urakoinnin ja ylläpidon välillä käytetty dokumenttien hallinta ohjelma tarjoaa mahdollisuuden tallentaa kaikki kiinteistön elinkaaren aikaiset dokumentit samaan paikkaan. Kuitenkin tätä työtä tehdessä, piti dokumentteja etsiä useista lähteistä. Osa dokumenteista oli sähköisessä muodossa CD-levyllä ja dokumenttien hallinta ohjelmassa sekä osa paperimuodossa eri ihmisten mapeissa.

Varsinkin käyttövaiheessa IT -ohjelmien määrää ja käytettävyyttä kritisoi. IT -ohjelmistoja katsottiin olevan jo liikaakin. Huoltomies kertoi töiden kirjaamisen järjestelmiin vievän enemmän aikaa, kun itse työn tekemisen. Ohjelmien tärkeys kyllä ymmärrettiin, mutta niiden toivottiin olevan helppokäyttöisempiä ja vähemmän aikaa vievämpiä.

Kulttuuri

Hankkeessa jaettiin aktiivisesti hiljaista tietoa useissa hankkeen aikaisissa kokouksissa ja keskusteluissa. Erilaisia kokouksia pidettiin aina esisuunnitteluvaiheesta käyttövaiheeseen asti. Kokouksia olivat mm. suunnittelu-, työmaa- ja käyttäjäkokoukset. Lisäksi hankkeen alkuvaiheessa pidettiin muutama aivorihi, joissa käsiteltiin käyttäjien tarpeita, muuntojoustavuutta ja riskianalyyssejä.

Hankkeeseen osallistuneilla oli tahtoa tehdä elinkaaritaloudellisia ratkaisuja, mutta toimintamallia, kuinka he saisivat ratkaisut hyväksytyä, ei ollut olemassa. Hankkeen osapuolilta löytyi osaamista ja tietotaitoa taloteknisten järjestelmien rakentamisesta ja ylläpidosta, mutta kokemusta elinkaaritaloudellisuuden vaatimasta tiiviistä yhteistyöstä ei ollut.

8.4. Käyttäminen

Koska elinkaarikustannuksien huomioiminen on vielä uutta rakennusosalalla, ei elinkaarikustannuksien noteeraaminen ollut tapaustutkimushankkeessa järjestelmällistä toimintaa. Ideatasolla elinkaariajattelusta puhuttiin ja joitakin elinkaarikustannuksia säästäviä ratkaisuja tehtiin, mutta vain IV-lämmöntalteenoton osalta elinkaarikustannuksien pienentyminen selvitettiin

perusteellisesti. Tällä hetkellä elinkaariasioita on ajamassa eteenpäin muutamia henkilöitä ja vie aikaa ennen kuin elinkaarikustannuksien huomioiminen on osa normaalia taloteknistä hanketta.

9. Johtopäätökset

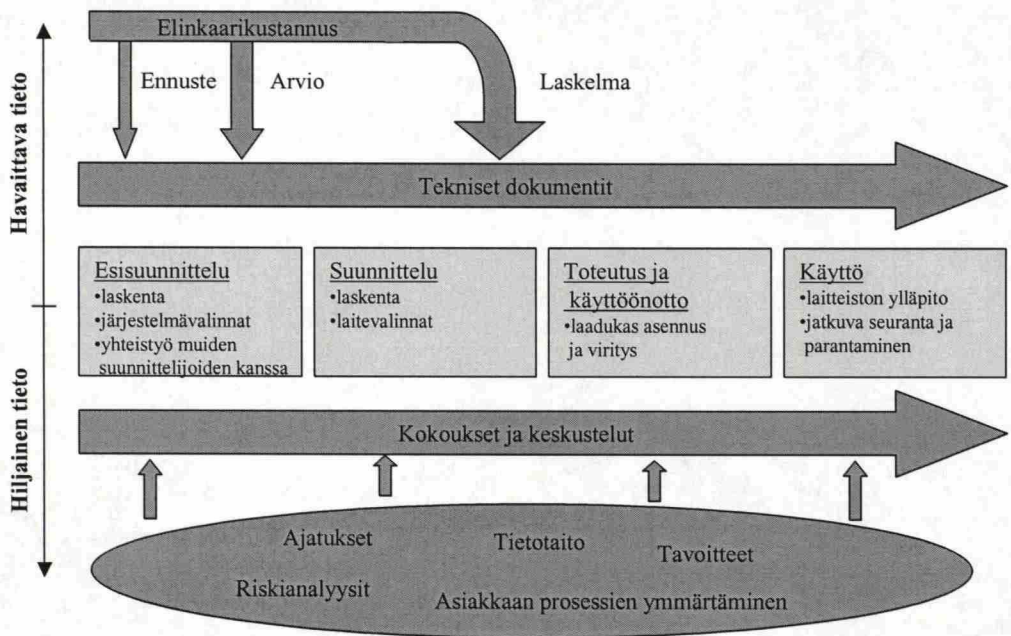
Tässä luvussa esitetään tutkimuksen johtopäätökset ja suositeltavat toimenpiteet. Luvun aluksi vastataan tutkimustavoitteisiin perustuen kirjallisuuteen ja empiirisen tutkimuksen tuloksiin. Lisäksi luvussa esitetään muutama mielenkiintoinen tutkimuksen tavoitteiden ulkopuolinen havainto. Luku ja samalla koko työ päätetään pohdintaan työn tuloksien luotettavuudesta ja merkittävyydestä.

9.1. *Talotekniikan elinkaarikustannusinformaatio*

Synteesi luvussa muodostettiin jo kirjallisuuden perusteella teoreettinen malli siitä, mitä talotekniikan elinkaarikustannusinformaatio on. Elinkaarikustannusinformaatioksi katsottiin asiat ja tekijät, joilla voidaan vaikuttaa elinkaarikustannuksien syntymiseen. Elinkaarikustannusinformaatio eri rakennushankkeenvaiheissa esitettiin luvun 5 taulukossa 5.1 ja jako hiljaiseen ja havaittavaan elinkaarikustannusinformaatioon selitettiin kuvassa 5.2. Hankkeen aluksi havaittavaa elinkaarikustannusinformaatioita edustavat eritasoiset elinkaarikustannuslaskelmat ja tekniset dokumentit. Elinkaarikustannuslaskelmia tarkennetaan hankkeen edetessä samalla tavalla kuin suunnitelmiakin tarkennetaan. Aluksi laskelmat ovat kustannusennusteita vastaavien rakennuksien pohjalta ja myöhemmin arvioita ja laskelmia, jotka perustuvat valittuihin järjestelmiin. Teknisissä dokumenteissa elinkaarikustannusinformaatio ei ole erikseen havaittavana tietona, vaan osana muuta informaatioita. Hiljainen elinkaarikustannusinformaatio ilmenee työntekijöiden ammattitaitona ja kokemuksena. Suunnitteluvaiheessa tätä ovat elinkaarikustannuksia säästävät järjestelmävalinnat, toteutusvaiheessa laitteiden laadukas asennus ja viritys sekä käyttövaiheessa järjestelmien huolto ja toiminnan jatkuva kehittäminen.

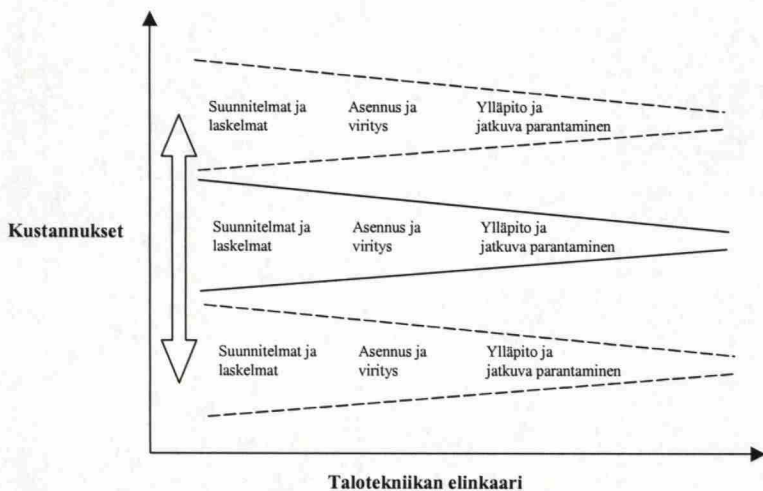
Tätä teoreettista mallia verrattiin empiirisessä osassa todelliseen talotekniseen hankkeeseen. Empiirisessä tutkimuksesta löydettiin asioita, mitä kirjallisuudesta ei selvinnyt. Hiljaiseksi elinkaarikustannusinformaatioksi voidaan lisätä asiakkaan prosessien ymmärtäminen ja riskianalyysit. Ymmärtämällä asiakkaan prosesseja valitaan sellaiset järjestelmät, jotka palvelevat asiakkaan tarpeita pitkälle tulevaisuuteen. Myös riskianalyysien avulla voidaan valita elinkaarikustannuksiltaan järkevämpiä laitteita. Esimerkiksi palohälytysjärjestelmissä ei välttämättä kannata säästää, sillä palon sattuessa toimiva järjestelmä voi tuoda suuriakin säästöjä. Haastatteluista kävi myös ilmi, että tiiviimmällä hankkeen alkuvaiheen arkkitehdin ja suunnittelijoiden yhteistyöllä saavutettaisiin selviä elinkaarikustannussäästöjä. Synteesissä esitetty teoriaan pohjautuva malli talotekniikan elinkaarikustannusinformaatiosta, laajennettuna muutamilla edellä mainituilla empiriasta löydettyillä seikoilla, on esitetty kuvassa 9.1. Mallissa on keskellä kussakin vaiheessa tapahtuva toiminta, jolla voidaan vaikuttaa elinkaarikustannuksiin. Mallin reunoilla on puolestaan

kerrottu minkälaista tietoa havaittavaan ja hiljaiseen elinkaarikustannusinformaatioon kuuluu. Malli sopii ideaaliseksi tavoitteeksi siitä, millaista toiminnan rakennushankkeissa tulisi olla.



Kuva 9.1 Talotekniikan elinkaarikustannusinformaatio

Hankkeen aluksi tulisi aikaisempien kokemusten ja elinkaarikustannuslaskennan avulla luoda hankkeelle kustannustavoitteet. Tämä antaisi hankkeelle tavoitteet ja suunnan, johon kaikkien tulisi toiminnallaan pyrkiä. Hiljainen elinkaarikustannusinformaatio, asiakkaan prosessien ymmärtäminen, riskianalyysit sekä työntekijän kokemus ja ammattitaito elinkaaritalousratkaisuksista, toimisi ideologisella tasolla ohjaamassa jokapäiväistä työskentelyä. Kukin työntekijä voisi itse päättää, kuinka alussa annettuun tavoitteeseen päästään. Heidän toiminnalleen asetettaisiin vain rajat, kuten suunnittelijat asettavat ehtoja teknisillä dokumenteilla ja urakoitsija rajoittaa käyttäjän oikeutta muuttaa järjestelmän säätöjä. Strategian asiantuntia, jossa toiminnalle annetaan suuntaviivat ja rajat missä kukin taho voi toimia, kutsutaan sateenvarjostrategiaksi [24]. Edellä kerrottua sateenvarjostrategiaa on havainnollistettu kuvassa 9.2. Hankkeen alkuvaiheen päätökset ovat tärkeitä, sillä silloin päätetään hankkeen kustannustaso (kuvan katkoviivat kuvaavat eri kustannustasoja), jota hankkeen edetessä sitten tarkennetaan.



Kuva 9.2 Sateenvarjostrategia

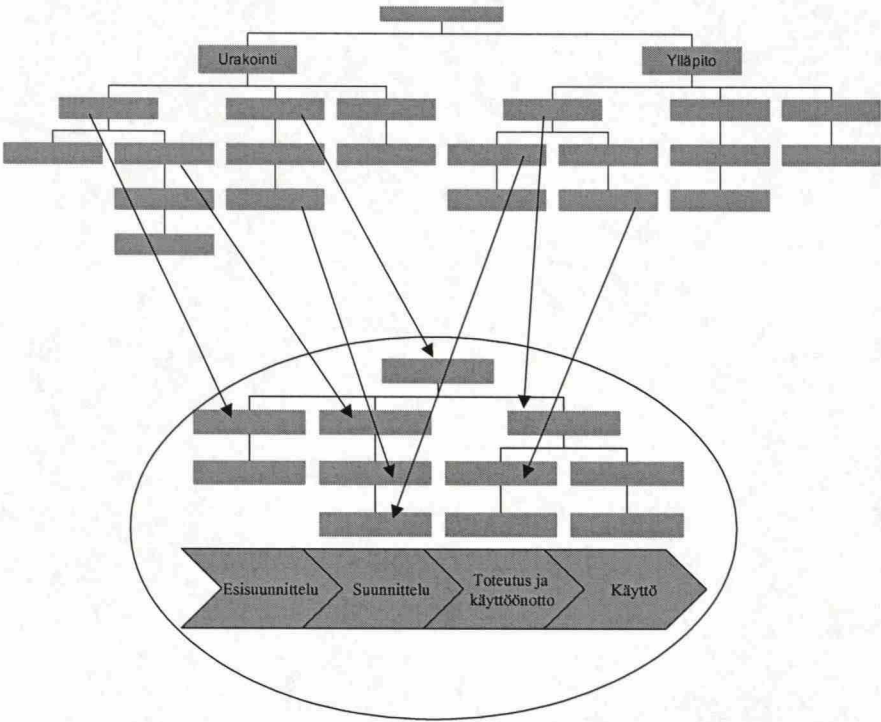
9.2. Elinkaarikustannusinformaation välittymisen parantaminen

Synteesissä luotiin elinkaarikustannusinformaation hallinta –prosessi, joka perustui tietämyksen hallinnan teoriaan. Prosessissa esitettiin, kuinka ensin elinkaarikustannusinformaation tarve määritetään, sitten kuinka elinkaarikustannusinformaatioita saadaan haltuun, jaetaan ja lopuksi käytetään. Elinkaarikustannusinformaation hallinta –prosessin jakamisvaiheessa kerrottiin useista kirjallisuudessa esille tulleista tiedon jakamisen esteistä ja edistäjistä. Tapaustutkimushankkeen elinkaarikustannusinformaation välittymistä analysoitiin tämän prosessin avulla ja hankkeesta löydettiin niin tiedon jakamisen esteitä kuin edistäjiä.

Tapaustutkimushankkeesta löytyi kulttuurisia ja teknologisia tiedon jakamisen edistäjiä. Hiljaisen tiedon välittymisen kannalta tärkeitä kokouksia tuntui olevan hankkeessa tarpeeksi, sillä moni haastateltava kertoi hankkeen lukuisista kokouksista, kuten suunnittelu-, työmaa- ja käyttäjäkokouksista. Lukuisten kokouksien lisäksi kulttuurinen tiedon jakamisen edistäjä oli hankkeeseen osallistuneiden halu ja tahto tehdä elinkaaritaloudellisia ratkaisuja. Hankkeessa käytettiin myös informaatioteknologiaa edistämässä tiedonvaihtoa. Teknisiä dokumentteja vaihdettiin projektitietopankin avulla sekä urakoitsijan ja ylläpitäjän välisiä asiakirjoja välitettiin dokumenttien hallinta ohjelman avulla. IT-ohjelmistojen käyttö oli uutta, joten kaikkia niiden tuomia hyötyjä ei osattu vielä käyttää hyväksi. Toisaalta käyttövaiheessa IT -ohjelmistojen määrää ja käytettävyyttä kritisoitiin. Ohjelmia katsottiin olevan jo liika ja niiden käyttäminen aikaa vievää.

Kaikkia elinkaaritaloudellisuuden tuomia mahdollisuuksia ei pystytty hankkeessa käyttämään hyödyksi tiedon jakamisen esteiden takia.

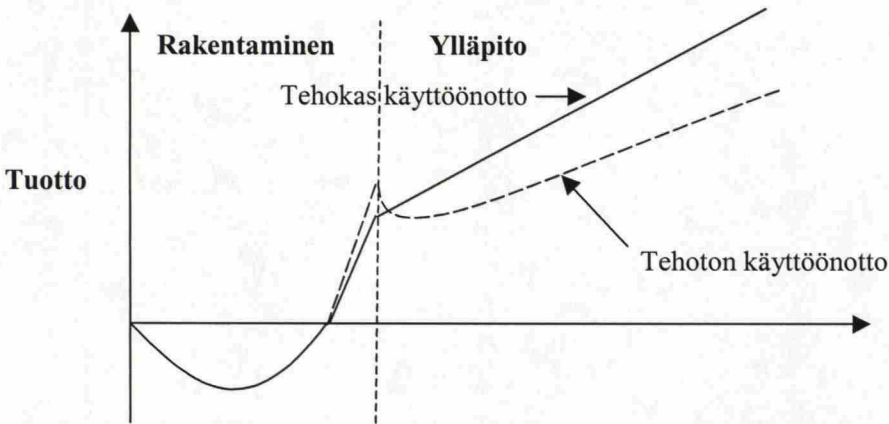
Elinkaarikustannusinformaation välittymisen parantamiseksi esitetäänkin hankkeiden toteuttamista enemmän projektimuotoisesti. Näin hankkeen osapuolien välinen yhteistyö ja kommunikointi paranisi ja hankkeelle voitaisiin asettaa yhteinen tavoite. Yksi tapa päästä tähän on siirtyä matriisiorganisaatioon (kuva 9.3), jossa työntekijöillä on kyllä paikkansa linjaorganisaatiossa, mutta toisaalta projekteissa he pyrkivät yhteiseen tavoitteeseen. Hankkeelle voitaisiin asettaa yhteinen budjetti, jonka sisällä kustannuksia jaettaisiin urakoinnin ja ylläpidon välillä. Kalliimpien investointien hyväksymiselle voisi sopia selvät säännöt, esimerkiksi millä korkokannalla ja takaisinmaksuajalla elinkaarikustannuksiltaan edullisemmat valinnat hyväksyttäisiin. Yhteistä tavoitetta tukemaan ja yhteishenkeä luomaan voisi luoda myös palkkiojärjestelmän. Oikeanlaisella palkitsemisjärjestelmällä työntekijät olisivat kiinnostuneita hankkeen etenemisestä oman osuutensa jälkeenkin, minkä ansioista hankkeen hiljainen tieto välittyisi paremmin hankkeen vaiheiden välillä. Esimerkiksi hankkeen alkuvaiheessa olleet henkilöt olisivat käyttövaiheessa kertomassa, kuinka hankkeessa oltiin päädytty kuhunkin ratkaisuun. Selvä projektiorganisaatio helpottaisi myös hankkeen osapuolia hahmottamaan, keitä hankkeeseen osallistuu ja mikä heidän roolinsa on hankkeessa.



Kuva 9.3 Hankkeen toteuttaminen matriisiorganisaatiossa

Suosituksista siirtymisestä enemmän projektimuotoiseen hankkeiden toteuttamiseen tukee myös Lahdenperän ja Rintalan tutkimus, jossa tunnistettiin elinkaarivastuuhankkeiden tehostamisen kohteiksi organisatorisiin suhteisiin, vastuihin ja kannustaviin maksuperusteisiin liittyvät asiat [22]. Iso-Britanniassa elinkaarivastuuhankkeiden kaikkia hyötyjä ei ole saavutettu juuri organisatorisen osaoptimoinnin takia. Elinkaarivastuuhankkeilla tarkoitetaan hankkeita, joissa yritys vastaa kiinteistön rahoituksesta, rakentamisesta, kunnossapidosta, huollosta sekä käyttäjäpalveluista ja asiakas maksaa vuokraa tilojen käytöstä.

Elinkaarikustannussäästöjä saataisiin myös tiivistämällä urakoitsijan ja käyttäjän välistä yhteistyötä käyttöönottovaiheessa. Tilanne, jossa rakennuksen toiminnan käynnistäminen ei ole tehokasta, on havainnollistettu kuvan 9.4 katkoviivalla.



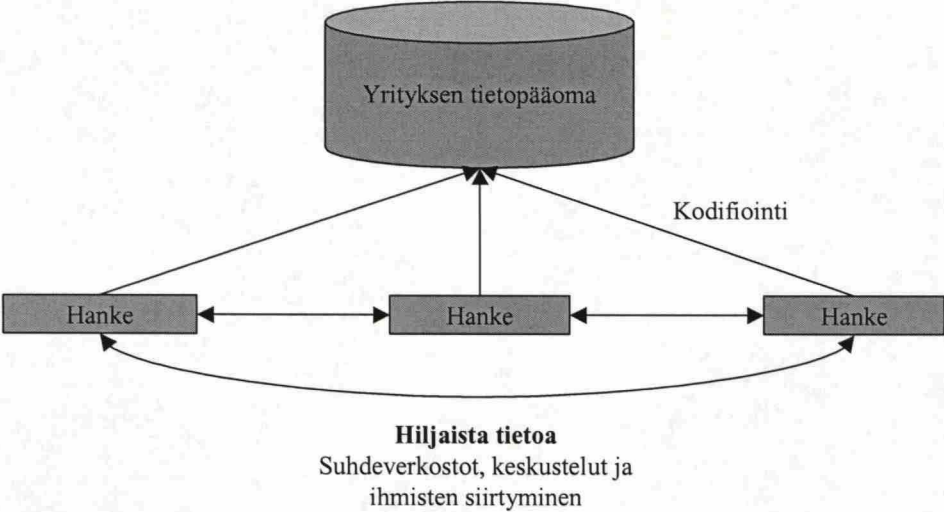
Kuva 9.4 Talotekniikan elinkaaren aikaisten tuottojen kertyminen

Notkahdus johtuu siitä, että käyttäjällä menee aikaa ennen kuin hän oppii käyttämään järjestelmiä oikein. Jos urakoitsija huomioisi paremmin käyttäjän tarpeita ja olisi yhdessä käyttäjän kanssa käynnistämässä ja kehittämässä rakennuksen toimintaa, päästäisiin koko elinkaaren aikana parempaan tuottoon, kuvan 9.4 jatkuva viiva. Tällöin urakoinnissa jouduttaisiin ehkä tekemään lisäinvestointeja, mutta tehokas käyttöönotto ja järjestelmien jatkuva kehittäminen toisi selviä etuja järjestelmien elinkaarenaikana.

Taloteknisten järjestelmien tilaaja pitäisikin saada jo tilausvaiheessa vakuuttuneeksi siitä, että järjestelmä ei voi olla heti urakan jälkeen optimaalisesti toimiva, vaan järjestelmää joudutaan hiomaan kohdalleen. Esimerkiksi prosessiteollisuudessa on yleistä, että urakoitsija jää paikan päälle puoleksi vuodeksi varmistamaan ja parantamaan järjestelmän toimivuutta. Tässä ajassa käyttäjät ajetaan sisään ja prosessit voidaan säätää kohdalleen.

9.3. Työn tavoitteiden ulkopuoliset havainnot

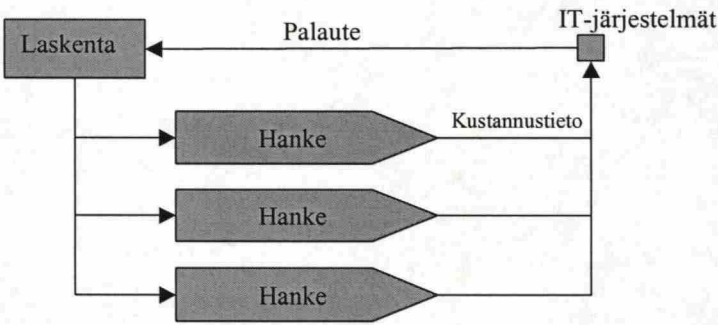
Tietoa rakennushankkeiden virheistä ja onnistumisista kannattaisi kerätä järjestelmällisesti. Tätä tietoa kyllä välittyy tällä hetkellä suhdeverkostojen avulla sekä ihmisten siirtyessä hankkeista toisiin. Koska rakennusalan projektit ovat aika samanlaisia, kannattaisi myös kodifiointistrategiaa hyödyntää, kuten kuvassa 9.5.



Kuva 9.5 Oppien kerääminen hankkeista

Osaksi hanketta tulisi tällöin oppien kerääminen ja dokumentointi yrityksen tietokantaan. Näin hankkeiden opit olisivat laajemmin kaikkien käytettävissä. Käyttämällä kokemustietoa aikaisemmista hankkeista ei samoja virheitä toistettaisi hankkeesta toiseen. Tietoa voitaisiin myös kerätä elinkaarikustannuslaskelmista ja hyvistä järjestelmä- ja laitevalinnoista. Kun esimerkiksi IV-lämmöntalteenotoille on kerran tehty vertailevat laskelmat, niin näitä laskelmia ei tarvitse joka kerta tehdä uudestaan. Seuraavissa hankkeissa voitaisiin käyttää samoja laskelmia hyödyksi. Tietokantaan voitaisiin tallentaa lisäksi kokemustietoa järjestelmistä ja laitteista, kuten tietoa laitteiden huollettavuudesta.

Sen lisäksi, että aikaisempien hankkeiden elinkaarikustannuslaskelmia voidaan käyttää hyödyksi uusissa kohteissa, tulisi toteutuneita kustannuksia keräämällä parantaa uusien laskelmien estimaatteja. Laskelmien tekeminen, tuloksien mittaaminen ja laskelmien parantaminen jatkuvana syklinä tarkentaisi elinkaarikustannuslaskelmien arvioita (kuva 9.6).



Kuva 9.6 Elinkaarikustannuslaskelmien arvioiden parantaminen

9.4. Tutkimustulosten tarkastelu

9.4.1. Kirjallisuustutkimus

Poikkitieteellinen tutkimuksen aihe teki lähdemateriaalin keräämisen haastavaksi. Suoraan aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ei löytynyt, vaan lähteinä käytettiin niin rakentamistalouteen, talotekniikkaan, elinkaarikustannuslaskentaan kuin tietämyksen hallintaan liittyviä julkaisuja. Koska kirjallisuusosuuden luotettavuudessa on ensisijaisesti kyse lähdemateriaalin luotettavuudesta, hyväksyttiin työn lähteiksi vain yleisesti tunnettuja julkaisijoita. Lähdemateriaali kasattiin alan järjestöjen, lehtien ja konferenssien sekä yliopistojen julkaisuista. Mm. suomalaisina lähteinä toimivat TKK:n, VTT:n, TAKE:n ja Rakennustietosäätiön tutkimukset ja julkaisut. Rakennustietosäätiön teoksia ovat rakennustieto- ja kiinteistöhoitokortit, joihin viitattiin useaan kertaan kirjallisuusosuuden alussa. Rakennustietosäätiö on koonnut näihin kortteihin yleisesti käytettyjä rakentamisen ohjeita ja säännöksiä.

Uudempaa ja kansainvälistä materiaalia etsittiin aikakausi- ja konferenssijulkaisuista, joita löydettiin elektronisista tietokannoista, kuten Abi Inform, Civil Engineering database, EI CompendexWeb ja ICONDA. Suurin osa lähdemateriaalista onkin varsin uutta, sillä reilu 80 % lähteistä on julkaistu vuoden 1995 jälkeen.

Internetlähteitä pyrittiin työssä välttämään, koska lähteiden tuottajia ja heidän motiiveja ei välttämättä saada selville. Muutamat työn Internetjulkaisut olivat yliopistojen, kansainvälisten järjestöjen ja elektronisten aikakauslehtien sivuilta.

9.4.2. Empiirinen tutkimus

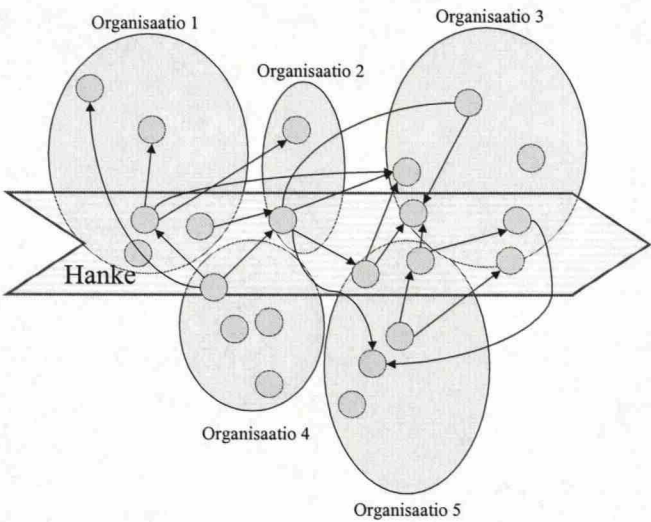
Empiirisen tutkimuksen tekeminen oli hankalaa, koska työn aihe oli hyvin abstrakti ja vielä vähän tutkittu aihepiiri. Nyt oli kuitenkin hyvä tilaisuus tutkia aihetta, sillä rakennushanke, jossa sama yritys vastasi talotekniikan toteutuksesta ja ylläpidosta, oli vastikään valmistunut. Niinpä tutkimusmenetelmäksi valittiin tapaustutkimus. Aiheen abstraktiuden takia valmiita kyselylomakkeita ei voitu käyttää, koska kysymykset olisi ehkä voitu tulkita usealla tavalla. Tämän vuoksi tapaustutkimuskohteeseen tutustuttiin teemahaastattelujen avulla. Näin haastateltavat pääsisivät vapaammin kertomaan kokemuksistaan, eikä heiltä vaadittu aiempaa perehtymistä aiheeseen. Tapaustutkimuskohteesta saatiin hyvä kuva 16 haastattelun ja useiden kymmenien asiakirjojen avulla. Viimeisiä haastatteluja tehdessä olikin huomattavissa, ettei uutta asiaa enää juurikaan ilmaantunut.

Empiirisen tutkimuksen näkökulma, tietämyksen hallinta, osoittautui tutkimuksen myötä hyväksi. Tietämyksen hallinnan teorian avulla osattiin hankkeessa tarkastella sekä havaittavaa että hiljaista tietoa. Ilman tätä tietämystä olisi tutkimus painottunut liikaa dokumenttien ja elinkaarikustannuslaskelmien

tarkasteluun. Kuten käyttäjäkoulutuksen yhteydessä havaittiin, on hiljainen tieto joskus toivotumpaa kuin havaittava tieto. Varsinkin informaation jakamisen teoria ilmeni hyödylliseksi. Sen avulla löydettiin hankkeen keskeiset hierarkiaan liittyvät ongelmat. Esimerkiksi pelkästään elinkaarikustannuslaskentaa tarkastelemalla ei näitä ongelmia olisi havaittu. Hyvin tehty laskentahan ei edistä hankkeen elinkaaritaloudellisuutta, jos kenelläkään ei ole valtuuksia hyväksyä kalliimpia investointeja.

Tapaustutkimus tutkimusmenetelmän huono puoli on se, että tutkimuksen tuloksia ei välttämättä voida yleistää muihin tilanteisiin. Ei ole varmuutta siitä, että samaan tulokseen oltaisiin päästy toisenlaisessa ympäristössä. Kuitenkin tapaustutkimuksen tuloksia tukee kappaleessa 9.2 mainittu tutkimus Iso-Britannian elinkaarivastuuhankkeista, jossa oli havaittu samanlaisia organisatoriseen tehottomuuteen liittyviä ongelmia.

Teemahaastatteluissa haastattelijan rooli oli tärkeä. Haastattelija johdatti haastateltavan lyhyellä alustuksella tutkimuksen aihepiiriin ja yritti avoimella keskustelulla löytää tekijöitä, jotka sopisivat tutkimukseen. Kahdenkeskisissä haastatteluissa haastateltava pääsi varsin vapaasti kertomaan kokemuksiaan, mutta toisaalta ryhmäkeskustelun tuomaa aivoriitä ei syntynyt. Samoin haastateltavien parempi perehdyttäminen aiheeseen olisi voinut tuoda enemmän löydöksiä. Nythän löydöksiä tekeminen jäi haastattelijan tehtäväksi. Lisäksi mielenkiintoista olisi ollut selvittää, kuinka tieto välittyi henkilöiden kesken hankkeessa. Henkilöiden välisestä viestinnästä olisi voitu piirtää tiedon välittymiskartan, kuten kuvassa 9.7. Kartasta olisi selvinnyt ketkä henkilöt viestivät kenenkin kanssa. Ketkä olivat hankkeen tiedon välittäjät ja keneltä jäi jokin tieto saamatta? Kartan hahmottaminen olisi vaatinut lähes kaikkien hankkeeseen osallistuneiden haastatteleminen, joten se jätettiin tekemättä. Kartan tuoma lisäarvo tutkimukselle ei katsottu vastaavan siihen tarvittavaa työmäärää.



Kuva 9.7 Tiedon välittyminen hankkeen osapuolien kesken

9.5. Tulosten merkityksen arviointi

Tässä työssä on esitetty malli siitä, millaista elinkaarikustannusinformaatio on rakennushankkeissa. Mallista selviää asioita, joita varsinkin koko talotekniikan elinkaaren käsittävissä hankkeissa pitäisi ottaa huomioon. Malli antaa myös kokonaiskuvan taloteknisen järjestelmän elinkaarikustannuksien muodostumisesta. Tässä työssä jokaista elinkaarikustannuksiin vaikuttavaa tekijää, kuten elinkaarikustannuslaskentaa ja säätöjen virittämistä, on käsitelty hyvin lyhyesti. Jokaisesta tekijästä voisi tehdä useita jatkotutkimuksia, sillä selvittävää ja parannettavaa näistä kaikista löytyy. Lisäksi tämä työ keskittyi elinkaarilaadun osalta pelkästään rahatalouteen, eikä esimerkiksi ekologisia asioita huomioitu ollenkaan.

Kun tutkimuksen elinkaarikustannusinformaatio-osuus antaa ideaalisen tavoitteen toiminnasta rakennushankkeissa, tarjoaa tutkimuksen toinen osio, informaation välittyminen tapaustutkimuskohteessa, selkeämpiä toimintaohjeita. Tapaustutkimuskohteen elinkaarikustannusinformaation välittymisestä löydettiin esteitä ja edistäjiä ja informaation välittymisen parantamiseksi esitettiin suosituksia. Näiden suositusten käytäntöön panto on kaikkea muuta kuin helppoa. Se tarkoittaisi pitkään käytettyjen toimintatapojen muuttamista ja hyvän palkkiojärjestelmän kehittämistä. Työssä esitetyt suositukset tarjoavat yhden vaihtoehdon elinkaarikustannusinformaation välittymisen parantamiseksi ja suositusten sopivuudesta juuri tähän organisaatioon pitäisi keskustella laajasti yrityksen sisällä.

Lähteet

- [1] Aho, T; Kiiras, J. Kiinteistönpitonimikkeistö. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tiedotteita 294. 1984. 96 s.
- [2] Aitola, J; Hara-Lindström, E; Hausen, A; Sainio, S. Talotekniikan Elinkaarilaskentamallien Kehittäminen, Väliraporttien yhteenveto. Suomen Talotekniikan Kehityskeskus Oy. 2000. 15 s.
- [3] Armbrecht, R; Chapas, R; Chappelow, C; Farris, G. Knowledge Management in Research and Development. Research Technology Management. Jul/Aug 2001. Vol 44. 28 s.
- [4] Bennett, R; Gabriel, H. Organizational factors and knowledge management within large marketing departments: an empirical study. Journal of Knowledge Management. 3(3). 1999. s. 212-225
- [5] Bukowitz, W. The knowledge management fieldbook. Harlow. Pearson Education. 1999. 375s. ISBN 0-273-63882-3.
- [6] Chapman, C. Managing project risk and uncertainty: a constructively simple approach to decision making. Chichester. Wiley. 2002. 498 s. ISBN 0-471-84790-5
- [7] Davenport, T; Prusak, L. Working knowledge: How Organizations Manage What They Know. Boston. Harvard Business School Press. 1998. 199 s. ISBN 1-57851-301-4
- [8] Davenport, T; Prusak; L. Information Ecology. Oxford. Oxford University Press. 1997. 255 s. ISBN 0-19-511168-0
- [9] Disterer, G. Individual and Social Barriers to Knowledge Transfer. Proceedings of the 34 th Hawaii International Conference on System Sciences. 2001. [Viitattu 16.2.2004]. Saatavissa: <http://odysseus.ieee.org/ieeesearch/query.html?qt=knowledge+management+barriers>
- [10] Dougan, N. Project Organisations That Learn – Understanding the Barriers to Organisational Learning in Project Environments – A Case Study. IRNOP IV Conference: Paradoxes of Project Collaboration in the Global Economy: Interdependence, Complexity and mAmbiguity. Sydney, January 9-12. 2000. 11 s.
- [11] Eduskunnan tiedon ja tietämyksen hallinta, loppuraportti. Eduskunnan kanslian julkaisuja 6/2001. [Viitattu 16.2.2004]. Saatavissa: www.eduskunta.fi/fakta/julkaisut/ekj6_2001.pdf

- [12] Flanagan, R; Norman, G; Meadows, J; Robinson, G. Life Cycle Costing Theory and Practice. Oxford. Blackwell Scientific Publications Ltd. 1989. 181 s. ISBN 0-632-02578-6
- [13] Hansen, M.T; Nohria, N; Tierney, T. What's Your Strategy for Managing Knowledge? Harvard Business Review. March-April 1999. s. 106-116
- [14] Hara-Lindström, E; Sainio, S; Mansio, T. Kilonpuiston koulu, Espoon kaupunki elinkaaritarkastelut. Suomen Talotekniikan Kehityskeskus Oy. 2001. 35 s.
- [15] Hyartt, J; Saari, A. Rakennusosien ja järjestelmien elinkaaren kustannusten laskenta. Espoo. Teknillinen korkeakoulu. 1993. 76 s.
- [16] Kaakinen, T; Rauman-Aalto, P. Yrityksen tietostrategia. Espoo. Dipoli-raportit. 2003. 38 s. ISBN 951-22-6613-X.
- [17] Kankainen, J; Junnonen, J. Rakennuttaminen. Rakennustieto Oy. 2001. 101 s. ISBN 951-682-631-8
- [18] Kazi, A. Knowledge Management of the Construction Industry: The E-Cognos Project. Electronic Journal of Information Technology in Construction. 2002. [Viitattu 20.2.2004]. Saatavissa: <http://www.itcon.org/2002/12/>
- [19] Kiinteistönpitonimikkeistö. KH-kortti X0-00058. Rakennustieto Oy. 2003
- [20] KLICON, Knowledge Learning In Construction, The role of information technology in knowledge management within the construction industry. Centre for Research in the Management of Projects. University of Manchester Institute of Science on Technology. 1999. [Viitattu 20.2.2004]. Saatavissa: [http://www2.umist.ac.uk/construction/research/management/klicon/Dissemination/DRAFT%20\(8\)%20DELIVERABLE%20PAPER.pdf](http://www2.umist.ac.uk/construction/research/management/klicon/Dissemination/DRAFT%20(8)%20DELIVERABLE%20PAPER.pdf)
- [21] Kosonen, R; Laitinen, A; Laine, T; Martiskainen, V. Huonekohtaisten talotekniikkajärjestelmien elinkaarikustannukset. Espoo. VTT tiedotteita 1947. 1999. 42 s. ISBN 951-38-5479-5
- [22] Lahdenperä, P; Rintala, K. Ajatuksia elinkaarivastuuhankkeista, Brittiläisten tilapalveluhankintojen tarkastelua uuden suomalaisen käytännön kehittämiseksi, VTT tiedotteita. Espoo. 2003. 52 s. ISBN 951-38-6143-0
- [23] Lundegård, R. Information Management in Construction Projects: Current Practices and Guidelines. Göteborg. Chalmers University of Technology. 1998. 306 s. ISBN 91-7197-639-6
- [24] Mintzberg, H; Waters, J. Of Strategies, Deliberate and Emergent. Strategic Management Journal. Vol. 6, s. 257-272. 1985

- [25] Nonaka, I. The knowledge-creating company : how Japanese companies create the dynamics of innovation. Oxford. Oxford University Press. 1995. 284 s. ISBN 0-19-509269-4.
- [26] O'Dell, C; Jackson Grayson, C. If only we knew what we know : the transfer of internal knowledge and best practice. USA. The Free Press. 1998. 238 s. ISBN 0-684-84474-5
- [27] Piirainen, H. Älykäs rakennus, Tarvelähtöinen rakentamistapa. Helsinki. Sitra. 1991. 290 s. ISBN 951-563-281-1
- [28] Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. RT-kortti 16-10660. Rakennustieto Oy. 2003
- [29] Rezgui, Y. Review of Information and State of Art of Knowledge Management Practices in the Construction Industry. The Knowledge Engineer Review. Vol. 16, n. 3, June 2001
- [30] RIL 216-2001 Rakenteiden elinkaaritekniikka. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2001. 301 s. ISBN 951-758-414-8
- [31] Ruggles Rudy. Knowledge Tools: Using Technology to Manage Knowledge Better. 1997. [Viitattu 13.2.2004]. Saatavissa: <http://www.businessinnovation.ey.com/mko/html/toolsrr.html>
- [32] Saari, A; Mäkelä, J. Rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien ekologis-taloudellinen arvottaminen. Espoo. Teknillinen Korkeakoulu. 2001. 106 s. ISBN 951-22-5362-3
- [33] Sainio, S. Talotekniikan LCA ja LCC. Suomen Talotekniikan Kehityskeskus Oy. 2000. 29 s.
- [34] Talo 90 Nimikkeistö. Rakennustieto Oy. 1994. 48 s. ISBN 951-682-267-3
- [35] Talonrakennushankkeen kulku. RT-kortti 10-10387. Rakennustieto Oy. 2003
- [36] Talotekniikan elinkaaritarkastelut. Forssa. Suomen Talotekniikan Kehityskeskus Oy. 2001. 152 s. ISBN 952-5411-07-09
- [37] Talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelo. RT-kortti 10-10579. Rakennustieto Oy. 2003
- [38] Talotekniikka liitto. Mitä on talotekniikka? [Viitattu 2.2.2004]. Saatavissa: <http://www.talotekniikkaliitto.fi/>
- [39] Tieto ja viestintä organisaatiossa. Tampereen yliopisto. [Viitattu 11.2.2004]. Saatavissa: <http://www.uta.fi/viesverk/tvo/tietojohdaminen3.htm>

- [40] Vuorela, K; Urpola, J; Kankainen, J. Johdatus rakentamistalouteen. Otareal Oy. 1998. 154 s. ISBN 952-91-0120-1

Liite A Haastattelujen kysymysrunko

Sisäänmeno

- **Tausta**
 - Mitä teet työksesi?
 - Milloin tulit mukaan hankkeeseen?
- **Tiedon saaminen**
 - Minkälaista tietoa sait oman työsi pohjaksi, kun aloitit työskentelyn hankkeessa?
 - Mitä tietoa tarvittiin/tarvittaisiin ja mistä sitä voisi saada?
 - Miten tämä tiedon välittyminen onnistui?
 - Mitä tiedon välittämisessä voisi kehittää?

Prosessi

- **Työskentely**
 - Miten hanke eteni osaltasi?
- **Tiedon jakaminen**
 - Mitä tiedon lähteitä käytät työssäsi?
 - Keiden kanssa tietoa vaihdetaan ja millaisin työkaluin?
 - Miten tiedon jakamista voisi kehittää?
- **Elinkaarikustannukset**
 - Huomioitiinko hankkeessa elinkaarikustannuksia?
 - Kuinka elinkaariajattelua voisi lisätä?

Ulostulo

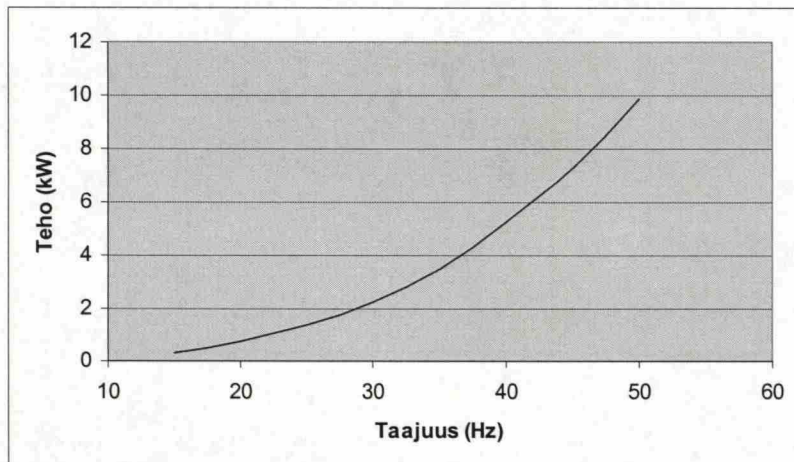
- **Tiedon siirtäminen**
 - Miten tietoa siirrettiin eteenpäin?
 - Ketkä ovat kiinnostuneita teidän tiedoista?
 - Miten tiedon siirtoa eteenpäin voisi kehittää?

Liite B Energiankulutusmittaukset ja -laskenta

B.1 Sähkönkulutus

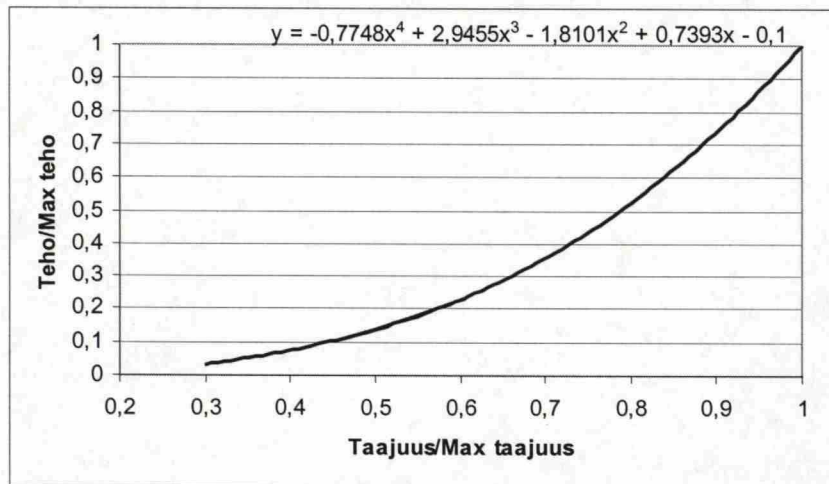
Ilmanvaihtokojeen, säätökaavio esitetty liitteessä C, sähkönkulutusta määritettäessä huomioitiin ainoastaan puhallinmoottorien ottama sähköteho. Ilmanvaihtojärjestelmän tarvitsemat pumput jätettiin huomioimatta niiden pienen sähkönkulutuksen takia. Tuloilmapuhaltimen (TF01) sähköteho määritettiin tekemällä ensin testiajo koko sen käyntialueella. Testiajon aikana tuloilmapuhaltimen sähkötehoa mitattiin energia-analysaattorin avulla. Näin saatiin tietoa siitä, kuinka paljon kullakin rakennusautomaatiojärjestelmän prosentuaalisella ohjausarvolla tuloilmapuhallin kuluttaa sähköä (liite D taulukko D.1). Tämän jälkeen rakennusautomaatiojärjestelmä laitettiin keräämään tietoa puhaltimen ohjausarvoista reilun kuuden päivän ajaksi (liite D taulukko D.4). Poistoilmapuhaltimelle (PF01) ei tehty vastaavia mittauksia, vaan poistoilmapuhaltimen sähkönkulutus oletettiin samaksi kuin tuloilmapuhaltimen.

Tuloilmapuhaltimen testiajon tuloksista saatiin kuva B.1.



Kuva B.1 Tuloilmapuhaltimen teho taajuuden funktiona

Hertsit ovat tuloilmapuhaltimen taajuusmuuttajan arvoja. Hertsit ovat puolet rakennusautomaatiojärjestelmän ilmoittamasta ohjauksen prosenttiluvusta. Jotta puhaltimen teho kullakin taajuudella saataisiin, tehtiin kuvaajalle sovite Excelin avulla. Paremman sovitteen saamiseksi mittaustulokset suhteutettiin jakamalla jokainen mittaustulos suurimmalla mittaustuloksella (kuva B.2).



Kuva B.2 Neljännen asteen polynomi sovite

Sovitteen avulla jokaiselle rakennusautomaatiojärjestelmästä saadulle ohjausarvolle voitiin laskea vastaava sähköteho. Kertomalla sähköteho ohjausarvojen mittausvälillä, eli 30 min, saatiin tuloilmapuhaltimen kuluttama sähköenergia (kaava 1).

$$E = f_{\max} \left(-0,7748 \left(\frac{x}{x_{\max}} \right)^4 + 2,9455 \left(\frac{x}{x_{\max}} \right)^3 - 1,8101 \left(\frac{x}{x_{\max}} \right)^2 + 0,7393 \left(\frac{x}{x_{\max}} \right) - 0,1 \right) \times t$$

(1)

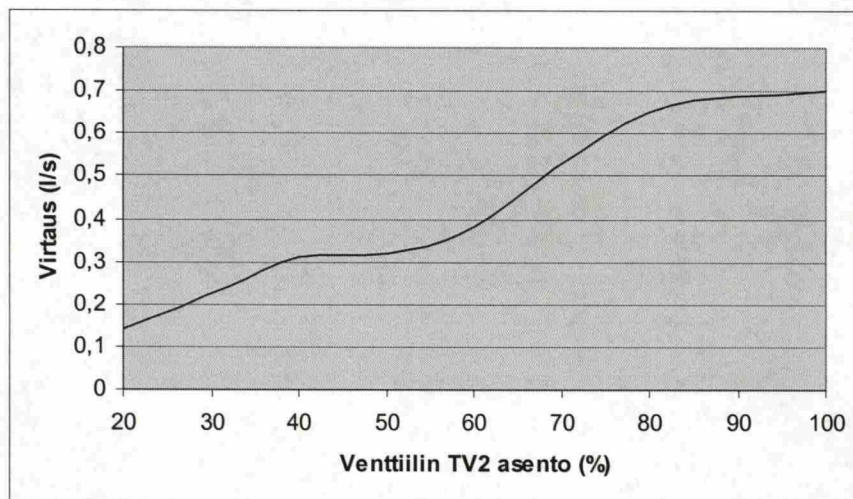
jossa E on energia (kWh)
 f_{\max} on suurin mitattu taajuus (9,9 Hz)
 x on mitattu ohjaus (%)
 x_{\max} on suurin mitattu ohjaus (100 %)
 t on aika (h), tässä ohjausarvojen mittausväli (0,5 h)

Muuntamalla kaavan 1 avulla kaikki ohjausarvomittaukset sähköenergiaksi ja laskemalla nämä yhteen saatiin sähkönkulutukseksi 130,5 tunnin aikana 590 kWh. Kun tuloilmapuhallinta käytetään 8640 h/a ja puhaltimen oletetaan pyörivän samalla tavalla lopunkin ajan vuodesta, saadaan koko vuoden sähkönkulutukseksi 39,4 MWh. Ilmanvaihtokojeen vuotuinen sähkönkulutus 79 MWh puolestaan saadaan kertomalla 39,4 MWh kahdella, sillä poistoilmapuhaltimen kulutus oletetaan samaksi kuin tuloilmapuhaltimen.

B.2 Lämmönkulutus

Ilmanvaihtokojeen lämmönkulutusta varten tarvittiin tietoa lämmöntalteenoton lisälämmönkulutuksesta ja jälkilämmityspatterin lämmönkulutuksesta. Jotta lämmöntalteenoton lisälämmönkulutus saataisiin tietää, mitattiin lämmöntalteenoton lämmityspiirin veden virtaus sekä lämpötilaero ennen ja jälkeen lämmöntalteenoton lämmönsiirrintä. Veden virtaus jouduttiin mittaamaan venttiilin asentoon perustuen, koska lämmityspiirin virtaus oli liian pieni virtausmittarille. Virtausmittaukset tehtiin siten, että paine-eroa mitattiin paluuveden paineentasausventtiilin yli muuttamalla säätöventtiilin TV2 asentoa. Paine-ero mitattiin TA Hydronicsin CBI tietokonepohjaisella virtaustensäätölaitteella. Paine-ero mittaukset otettiin seitsemässä eri säätöventtiilin TV2 asennossa. Paine-erojen perusteella voitiin venttiilin ominaiskäyrästä katsoa, kuinka paljon putkistossa virtaa vettä (liite D taulukko D.2). Virtaus pidemmältä ajalta saatiin keräämällä rakennusautomaatiojärjestelmällä tietoa TV2:n asennoista (liite D taulukko D.5). Lämpötilaero lämmönsiirtimen yli mitattiin Tinytalk TK-0014 mittauslaitteilla. Mittauslaitteet jätettiin keräämään tietoa viikonajaksi (liite D taulukko D.6).

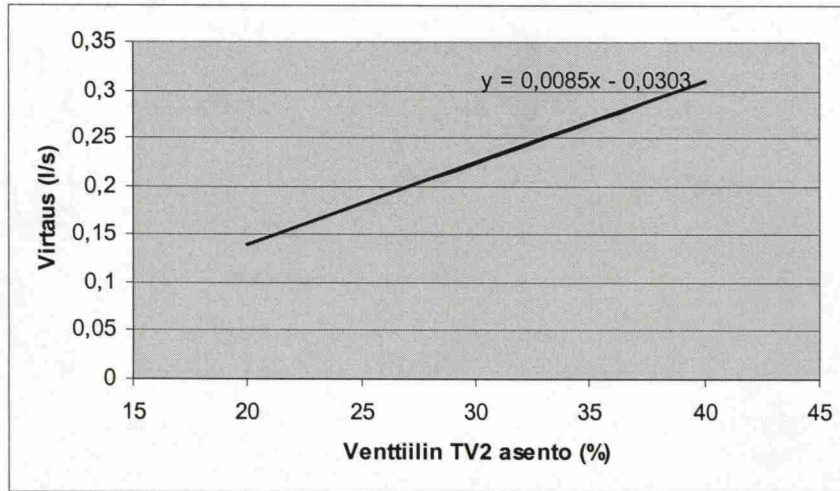
Paine-eroa mitattaessa mittarin tulokset seilasivat ja siksi selkeän mittaustuloksen saaminen oli vaikeaa. Mittaustuloksien huojunta näkyy kuvassa B.3.



Kuva B.3 Lämmityspiirin virtaus venttiilin TV2 asennon funktiona

Huojunta johtui osittain siitä, että säätöventtiilin toiminta-alue on vain 5 mm, joten pienikin muutos venttiilin asennossa vaikuttaa suuresti putkiston virtaukseen.

Lämmöntalteenoton lämmityspiirin veden virtaukselle tehtiin Excelin avulla lineaarinen sovite (kuva B.4). Koska paine-eromittauksissa oli huojuntaa, tehtiin sovite vain välille 20-40 %. Tällä välillä säätöventtiili oli enimmäkseen toiminut mittauksien keruun aikana. Sovitteen avulla tiedettiin, miten paljon vettä virtaa kullakin säätöventtiilin TV2 asennolla.



Kuva B.4 Lineaarinen sovite välille 20-40%

Jotta lämmönkulutus saataisiin laskettua, tarvittiin tietoa lämmöntalteenoton viemästä lämpömäärästä ja lämmitystehosta. Kaava lämmöntalteenoton lisälämmönkulutukselle johdettiin seuraavasti:

$$\Delta Q = cm\Delta T = c\rho V\Delta T = c\rho qt\Delta T \quad (2)$$

jossa Q on lämpömäärä (J)
 c on ominaislämpökerroin (J/kgK), tässä vesi noin 30 °C eli 4179 J/kgK
 m on massa (kg)
 ΔT on lämpötilaero (K), tässä lämpötila ennen ja jälkeen lämmöntalteenoton lämmönsiirrintä
 ρ on tiheys (kg/m³), tässä vesi noin 30 °C eli 995 kg/m³
 V on tilavuus (m³)
 q on virtaus (dm³/s), tässä $q = 0,0085 \times \text{venttiilinojtaus} - 0,0303$
 t on aika (s)

Lämpömäärästä saadaan lämmitysteho

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{c\rho q\Delta t\Delta T}{\Delta t} = c\rho q\Delta T \quad (3)$$

jossa P on lämmitysteho (W)

ja tästä lämmönkulutus

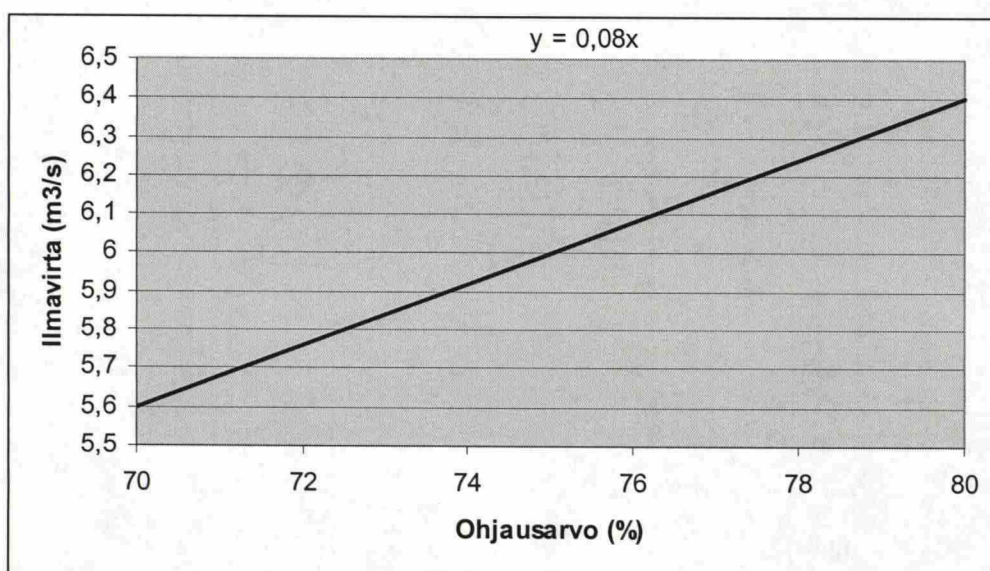
$$E = Pt = c\rho q\Delta Tt \quad (4)$$

jossa E on energia (Wh)
 t on aika (h), tässä mittausväli (0,5 h)

Joten kertomalla keskenään veden ominaislämpökerroin, veden tiheys, säätöventtiilin avulla saatu virtaus, lämpötilaero lämmönsiirtimen yli ja mittauksien aikaväli ja laskemalla kaikki mittausajanjakson tulokset yhteen, saatiin lämmöntalteenoton lisälämmönkulutukseksi 120 tunnin aikana 1,2 MWh.

Jälkilämmityspatterin lämmönkulutus määritettiin keräämällä tietoa tuloilmapuhaltimen ohjausarvoista sekä ilmanvaihtokanavan lämpötiloista ennen (TE02) ja jälkeen (TE10) jälkilämmityspatteria. Lämpötilat kerättiin viiden päivän ajalta rakennusautomaatiojärjestelmästä (liite D taulukko D.7). Tuloilmapuhaltimen laitetietojen avulla puhaltimen ohjausarvot muutettiin ilmavirraksi (liite D taulukko D.3).

Kanavan ilmavirta piirrettiin tuloilmapuhaltimen ohjauksen funktiona ja tähän kuvaajaan tehtiin Excelin avulla lineaarinen sovite (kuva B.5).



Kuva B.5 Lineaarinen sovite ilmavirrälle

Jälkilämmityspatterin lämpöenergiankulutus laskettiin samaan tapaan kuin lämmöntalteenotonkin kulutus käyttämällä kaavaa 4. Kaavassa käytettiin nyt vain arvoina:

- c on ominaislämpökerroin (J/kgK), tässä ilmalle 1000 J/kg
- ρ on tiheys (kg/m³), tässä ilmalle 1,2 kg/m³
- q on virtaus (dm³/s), tässä $q = 0,08 \times \text{puhaltimen ohjaus} \times 1000$
- ΔT on lämpötilaero (K), tässä lämpötila ennen ja jälkeen jälkilämmityspatteria
- t on aika (h), tässä mittausväli (0,5 h)

Laskemalla kaikki mittausajanjakson tulokset yhteen, saatiin jälkilämmityspatterin lämmönkulutukseksi 120 tunnin aikana 4,7 MWh.

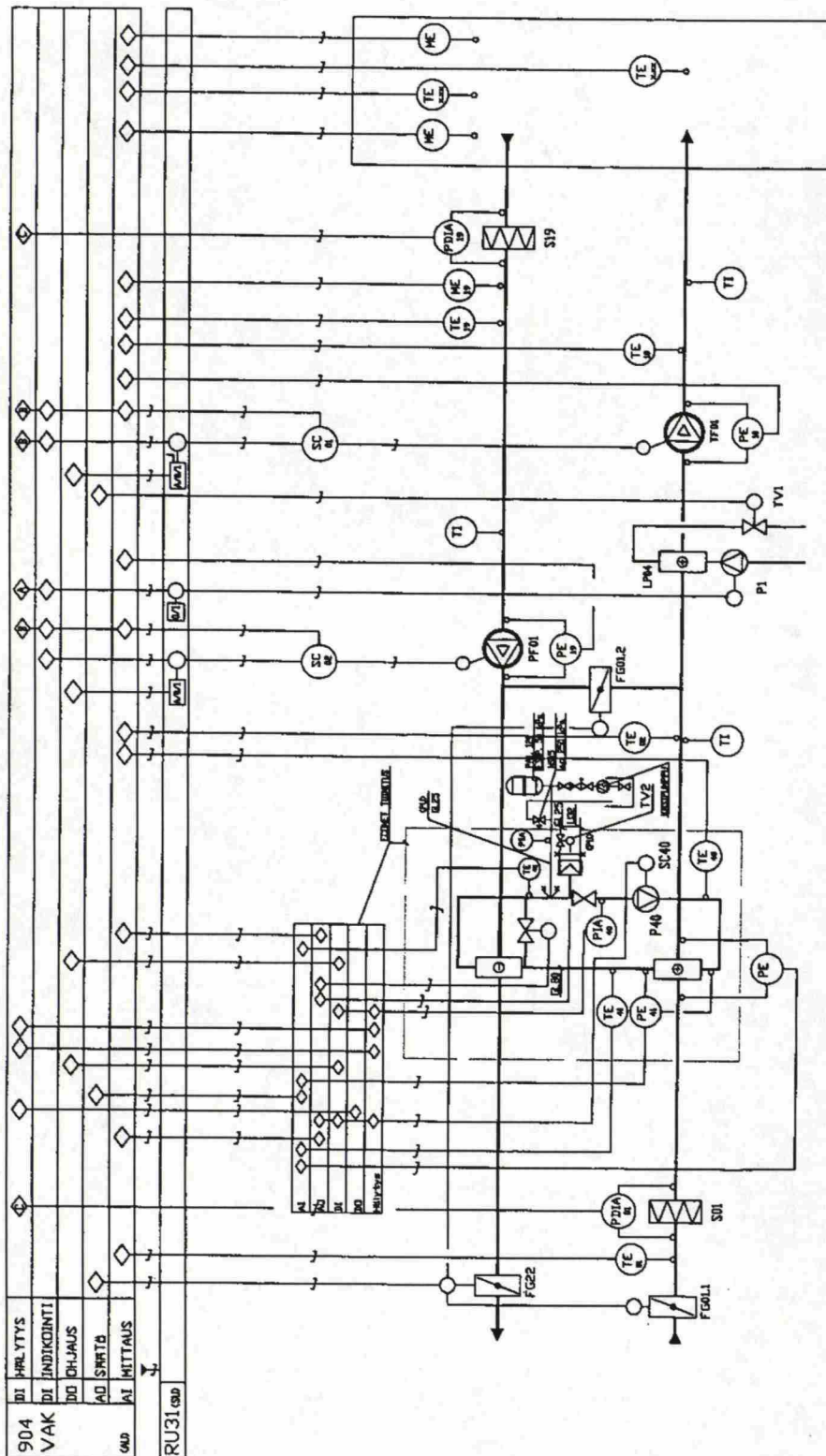
Lämmönkulutusta koko vuoden aikana ei voi suoraan laskea viikon lämmönkulutuksesta, kuten tehtiin sähkönkulutukselle, koska lämmönkulutus riippuu ajanjakson ulkolämpötilasta. Vuositason kulutus kuitenkin saadaan astepäiväluvun avulla. Astepäiväluku saadaan laskemalla päivän keskimääräisen sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Pidemmän aikajakson astepäiväluku saadaan taasen laskemalla yhteen jakson vuorokautiset astepäiväluvut. Mittausajanjakson ulkolämpötilat ovat liitteen D taulukossa D.8. Näitä lämpötiloja verrattiin sisälämpötilaan (30°C) ja ajanjakson astepäiväluvuksi saatiin 111 °Cd. Koko vuoden astepäiväluku saatiin sitten ottamalla loppuvuoden ulkolämpötilat vertailuvuoden 1979 lämpötiloista. Näitä ulkolämpötiloja verrattiin sisälämpötilaan ja koko vertailuvuoden astepäiväluvuksi saatiin 9384 °Cd. Mittausviikon ja vertailuvuoden astepäivälukujen avulla pystyttiin arvioimaan kokovuoden lämmönkulutus (kaava 5).

$$\text{kerroin} = \frac{\text{astepäiväluku mittausviikolla}}{v_{1979} \text{ astepäiväluku} - v_{1979} \text{ astepäiväluku mittausviikolla} + \text{astepäiväluku mittausviikolla}}$$

(5)

Kun mittausviikon ilmanvaihtokojeen lämmönkulutus (lämmöntalteenoton lisälämmönkulutus + jälkilämmityspatterin lämmönkulutus) kerrottiin edellä olevalla kertoimella, saatiin vuotuiseksi kulutukseksi 498 MWh.

Liite C Ilmanvaihtokojeen säätökaavio



Liite D Energiankulutusmittaukset

Taulukko D.1 Tuloilmapuhaltimen TF01 sähköteho eri ohjausarvoilla

ohjaus (%)	Taajuus (Hz)	Teho (kW)
30	15	0,32
40	20	0,73
50	25	1,37
60	30	2,25
70	35	3,5
80	40	5,2
90	45	7,3
100	50	9,9

Taulukko D.2 Paine-ero paluuveden paineentasausventtiilin yli säätöventtiilin TV2 eri asennoilla

TV2 asento (%)	paine-ero (bar)	Virtaus (l/s)
20	0,0207	0,14
32	0,066	0,24
40	0,113	0,31
50	0,1259	0,32
60	0,16	0,38
80	0,487	0,65
100	0,587	0,7

Taulukko D.3 Ilmavirta eri tuloilmapuhaltimen ohjausarvoilla

ohjaus (%)	ilmavirta (m ³ /s)
70	5,6
75	6
80	6,4

Taulukko

D.4

Rakennusautomaatiojärjestelmän

keräämät

tuloilmapuhaltimen ohjausarvot

Aika	TF01 %	Aika	TF01 %	Aika	TF01 %
4:00:01 26-huhti-2004 EET	67,38	9:30:01 24-huhti-2004 EET	76,88	15:00:01 22-huhti-2004 EET	81,88
3:30:01 26-huhti-2004 EET	73,75	9:00:01 24-huhti-2004 EET	76,25	14:30:01 22-huhti-2004 EET	73,75
3:00:01 26-huhti-2004 EET	80,38	8:30:01 24-huhti-2004 EET	77,00	14:00:01 22-huhti-2004 EET	76,38
2:30:01 26-huhti-2004 EET	71,06	8:00:01 24-huhti-2004 EET	73,69	13:30:01 22-huhti-2004 EET	72,00
2:00:01 26-huhti-2004 EET	70,69	7:30:01 24-huhti-2004 EET	71,50	13:00:01 22-huhti-2004 EET	72,63
1:30:01 26-huhti-2004 EET	74,56	7:00:01 24-huhti-2004 EET	70,69	12:30:01 22-huhti-2004 EET	59,47
1:00:01 26-huhti-2004 EET	81,56	6:30:01 24-huhti-2004 EET	71,31	12:00:01 22-huhti-2004 EET	83,06
0:30:01 26-huhti-2004 EET	78,75	6:00:01 24-huhti-2004 EET	69,94	11:30:01 22-huhti-2004 EET	79,88
0:00:01 26-huhti-2004 EET	81,00	5:30:01 24-huhti-2004 EET	75,75	11:00:01 22-huhti-2004 EET	76,06
23:30:01 25-huhti-2004 EET	81,69	5:00:01 24-huhti-2004 EET	72,06	10:30:01 22-huhti-2004 EET	67,50
23:00:01 25-huhti-2004 EET	66,56	4:30:01 24-huhti-2004 EET	75,00	10:00:01 22-huhti-2004 EET	82,31
22:30:01 25-huhti-2004 EET	74,88	4:00:01 24-huhti-2004 EET	80,81	9:30:01 22-huhti-2004 EET	74,06
22:00:01 25-huhti-2004 EET	74,88	3:30:01 24-huhti-2004 EET	77,00	9:00:01 22-huhti-2004 EET	79,25
21:30:01 25-huhti-2004 EET	78,69	3:00:01 24-huhti-2004 EET	67,06	8:30:01 22-huhti-2004 EET	78,69
21:00:01 25-huhti-2004 EET	71,88	2:30:01 24-huhti-2004 EET	76,75	8:00:01 22-huhti-2004 EET	74,94
20:30:01 25-huhti-2004 EET	72,00	2:00:01 24-huhti-2004 EET	71,81	7:30:01 22-huhti-2004 EET	81,81
20:00:01 25-huhti-2004 EET	72,13	1:30:01 24-huhti-2004 EET	73,13	7:00:01 22-huhti-2004 EET	74,75
19:30:01 25-huhti-2004 EET	81,88	1:00:01 24-huhti-2004 EET	74,56	6:30:01 22-huhti-2004 EET	76,44
19:00:01 25-huhti-2004 EET	75,13	0:30:01 24-huhti-2004 EET	77,13	6:00:01 22-huhti-2004 EET	76,75
18:30:01 25-huhti-2004 EET	70,06	0:00:01 24-huhti-2004 EET	81,19	5:30:01 22-huhti-2004 EET	82,88
18:00:01 25-huhti-2004 EET	74,50	23:30:01 23-huhti-2004 EET	83,25	5:00:01 22-huhti-2004 EET	75,44
17:30:01 25-huhti-2004 EET	84,81	23:00:01 23-huhti-2004 EET	80,31	4:30:01 22-huhti-2004 EET	75,56
17:00:01 25-huhti-2004 EET	77,06	22:30:01 23-huhti-2004 EET	84,00	4:00:01 22-huhti-2004 EET	76,50
16:30:01 25-huhti-2004 EET	74,75	22:00:01 23-huhti-2004 EET	82,88	3:30:01 22-huhti-2004 EET	79,56
16:00:01 25-huhti-2004 EET	78,13	21:30:01 23-huhti-2004 EET	78,63	3:00:01 22-huhti-2004 EET	74,81
15:30:01 25-huhti-2004 EET	77,06	21:00:01 23-huhti-2004 EET	77,63	2:30:01 22-huhti-2004 EET	74,25
15:00:01 25-huhti-2004 EET	76,06	20:30:01 23-huhti-2004 EET	81,50	2:00:01 22-huhti-2004 EET	81,00
14:30:01 25-huhti-2004 EET	85,13	20:00:01 23-huhti-2004 EET	67,75	1:30:01 22-huhti-2004 EET	72,88
14:00:01 25-huhti-2004 EET	82,56	19:30:01 23-huhti-2004 EET	77,19	1:00:01 22-huhti-2004 EET	80,38
13:30:01 25-huhti-2004 EET	80,63	19:00:01 23-huhti-2004 EET	79,31	0:30:01 22-huhti-2004 EET	75,56
13:00:01 25-huhti-2004 EET	82,00	18:30:01 23-huhti-2004 EET	72,19	0:00:01 22-huhti-2004 EET	81,19
12:30:01 25-huhti-2004 EET	70,63	18:00:01 23-huhti-2004 EET	70,75	23:30:01 21-huhti-2004 EET	72,50
12:00:01 25-huhti-2004 EET	80,94	17:30:01 23-huhti-2004 EET	75,44	23:00:01 21-huhti-2004 EET	84,31
11:30:01 25-huhti-2004 EET	82,44	17:00:01 23-huhti-2004 EET	73,38	22:30:01 21-huhti-2004 EET	86,69
11:00:01 25-huhti-2004 EET	69,13	16:30:01 23-huhti-2004 EET	72,25	22:00:01 21-huhti-2004 EET	74,31
10:30:01 25-huhti-2004 EET	79,63	16:00:01 23-huhti-2004 EET	72,88	21:30:01 21-huhti-2004 EET	76,63
10:00:01 25-huhti-2004 EET	67,81	15:30:01 23-huhti-2004 EET	71,56	21:00:01 21-huhti-2004 EET	81,88
9:30:01 25-huhti-2004 EET	75,56	15:00:01 23-huhti-2004 EET	64,38	20:30:01 21-huhti-2004 EET	80,25
9:00:01 25-huhti-2004 EET	75,94	14:30:01 23-huhti-2004 EET	75,31	20:00:01 21-huhti-2004 EET	83,94
8:30:01 25-huhti-2004 EET	74,69	14:00:01 23-huhti-2004 EET	76,38	19:30:01 21-huhti-2004 EET	81,81
8:00:01 25-huhti-2004 EET	76,38	13:30:01 23-huhti-2004 EET	72,63	19:00:01 21-huhti-2004 EET	85,31
7:30:01 25-huhti-2004 EET	68,13	13:00:01 23-huhti-2004 EET	79,56	18:30:01 21-huhti-2004 EET	75,88
7:00:01 25-huhti-2004 EET	69,63	12:30:01 23-huhti-2004 EET	78,31	18:00:01 21-huhti-2004 EET	70,25
6:30:01 25-huhti-2004 EET	74,00	12:00:01 23-huhti-2004 EET	71,94	17:30:01 21-huhti-2004 EET	70,88
6:00:01 25-huhti-2004 EET	77,19	11:30:01 23-huhti-2004 EET	76,06	17:00:01 21-huhti-2004 EET	73,25
5:30:01 25-huhti-2004 EET	79,94	11:00:01 23-huhti-2004 EET	69,69	16:30:01 21-huhti-2004 EET	70,81
5:00:01 25-huhti-2004 EET	77,88	10:30:01 23-huhti-2004 EET	75,44	16:00:01 21-huhti-2004 EET	71,31
4:30:01 25-huhti-2004 EET	67,38	10:00:01 23-huhti-2004 EET	73,38	15:30:01 21-huhti-2004 EET	71,25
4:00:01 25-huhti-2004 EET	72,31	9:30:01 23-huhti-2004 EET	79,25	15:00:01 21-huhti-2004 EET	72,50
3:30:01 25-huhti-2004 EET	78,13	9:00:01 23-huhti-2004 EET	73,50	14:30:01 21-huhti-2004 EET	78,69
3:00:01 25-huhti-2004 EET	71,44	8:30:01 23-huhti-2004 EET	74,75	14:00:01 21-huhti-2004 EET	74,56
2:30:01 25-huhti-2004 EET	75,13	8:00:01 23-huhti-2004 EET	76,81	13:30:01 21-huhti-2004 EET	73,19
2:00:01 25-huhti-2004 EET	72,19	7:30:01 23-huhti-2004 EET	71,00	13:00:01 21-huhti-2004 EET	80,25
1:30:01 25-huhti-2004 EET	67,88	7:00:01 23-huhti-2004 EET	76,06	12:30:01 21-huhti-2004 EET	84,13
1:00:01 25-huhti-2004 EET	75,56	6:30:01 23-huhti-2004 EET	80,69	12:00:01 21-huhti-2004 EET	80,94
0:30:01 25-huhti-2004 EET	77,00	6:00:01 23-huhti-2004 EET	75,75	11:30:01 21-huhti-2004 EET	72,31
0:00:01 25-huhti-2004 EET	78,25	5:30:01 23-huhti-2004 EET	79,44	11:00:01 21-huhti-2004 EET	79,13
23:30:01 24-huhti-2004 EET	74,31	5:00:01 23-huhti-2004 EET	72,19	10:30:01 21-huhti-2004 EET	80,88
23:00:01 24-huhti-2004 EET	69,31	4:30:01 23-huhti-2004 EET	77,19	10:00:01 21-huhti-2004 EET	73,44
22:30:01 24-huhti-2004 EET	81,50	4:00:01 23-huhti-2004 EET	67,13	9:30:01 21-huhti-2004 EET	71,38
22:00:01 24-huhti-2004 EET	81,25	3:30:01 23-huhti-2004 EET	76,31	9:00:01 21-huhti-2004 EET	79,44
21:30:01 24-huhti-2004 EET	75,94	3:00:01 23-huhti-2004 EET	70,44	8:30:01 21-huhti-2004 EET	73,06
21:00:01 24-huhti-2004 EET	70,88	2:30:01 23-huhti-2004 EET	72,38	8:00:01 21-huhti-2004 EET	76,31
20:30:01 24-huhti-2004 EET	75,69	2:00:01 23-huhti-2004 EET	74,25	7:30:01 21-huhti-2004 EET	81,88
20:00:01 24-huhti-2004 EET	66,00	1:30:01 23-huhti-2004 EET	76,25	7:00:01 21-huhti-2004 EET	80,81
19:30:01 24-huhti-2004 EET	69,94	1:00:01 23-huhti-2004 EET	80,56	6:30:01 21-huhti-2004 EET	76,25
19:00:01 24-huhti-2004 EET	75,44	0:30:01 23-huhti-2004 EET	72,75	6:00:01 21-huhti-2004 EET	77,31
18:30:01 24-huhti-2004 EET	78,63	0:00:01 23-huhti-2004 EET	74,69	5:30:01 21-huhti-2004 EET	78,50
18:00:01 24-huhti-2004 EET	78,56	23:30:01 22-huhti-2004 EET	83,31	5:00:01 21-huhti-2004 EET	78,00
17:30:01 24-huhti-2004 EET	81,13	23:00:01 22-huhti-2004 EET	75,13	4:30:01 21-huhti-2004 EET	82,50
17:00:01 24-huhti-2004 EET	80,38	22:30:01 22-huhti-2004 EET	73,13	4:00:01 21-huhti-2004 EET	76,69
16:30:01 24-huhti-2004 EET	76,81	22:00:01 22-huhti-2004 EET	75,56	3:30:01 21-huhti-2004 EET	74,00
16:00:01 24-huhti-2004 EET	76,69	21:30:01 22-huhti-2004 EET	84,00	3:00:01 21-huhti-2004 EET	74,88
15:30:01 24-huhti-2004 EET	82,63	21:00:01 22-huhti-2004 EET	75,25	2:30:01 21-huhti-2004 EET	82,75
15:00:01 24-huhti-2004 EET	82,13	20:30:01 22-huhti-2004 EET	77,31	2:00:01 21-huhti-2004 EET	83,13
14:30:01 24-huhti-2004 EET	83,56	20:00:01 22-huhti-2004 EET	76,50	1:30:01 21-huhti-2004 EET	77,81
14:00:01 24-huhti-2004 EET	81,06	19:30:01 22-huhti-2004 EET	78,94	1:00:01 21-huhti-2004 EET	80,75
13:30:01 24-huhti-2004 EET	78,81	19:00:01 22-huhti-2004 EET	82,13	0:30:01 21-huhti-2004 EET	82,88
13:00:01 24-huhti-2004 EET	73,94	18:30:01 22-huhti-2004 EET	78,13	0:00:01 21-huhti-2004 EET	72,56
12:30:01 24-huhti-2004 EET	82,13	18:00:01 22-huhti-2004 EET	78,56	23:30:01 20-huhti-2004 EET	68,69
12:00:01 24-huhti-2004 EET	75,56	17:30:01 22-huhti-2004 EET	81,31	23:00:01 20-huhti-2004 EET	71,44
11:30:01 24-huhti-2004 EET	76,13	17:00:01 22-huhti-2004 EET	70,69	22:30:01 20-huhti-2004 EET	85,44
11:00:01 24-huhti-2004 EET	71,06	16:30:01 22-huhti-2004 EET	75,69	22:00:01 20-huhti-2004 EET	73,00
10:30:01 24-huhti-2004 EET	67,88	16:00:01 22-huhti-2004 EET	76,50	21:30:01 20-huhti-2004 EET	84,25
10:00:01 24-huhti-2004 EET	67,75	15:30:01 22-huhti-2004 EET	75,25	21:00:01 20-huhti-2004 EET	75,25
				20:30:01 20-huhti-2004 EET	77,00
				20:00:01 20-huhti-2004 EET	72,44
				19:30:01 20-huhti-2004 EET	81,88
				19:00:01 20-huhti-2004 EET	79,94
				18:30:01 20-huhti-2004 EET	71,44
				18:00:01 20-huhti-2004 EET	80,94
				17:30:01 20-huhti-2004 EET	74,56

Taulukko D.5 Rakennusautomaatiojärjestelmän keräämä tieto säätöventtiili TV02:n asennosta

Päivä	Aika	TV02 asento %	Päivä	Aika	TV02 asento %	Päivä	Aika	TV02 asento %
17. Aprilla 2004	1:00:01	23,25	18. Aprilla 2004	20:00:01	16,28	20. Aprilla 2004	15:30:01	30,30
17. Aprilla 2004	1:30:01	22,22	18. Aprilla 2004	20:30:01	19,19	20. Aprilla 2004	16:00:01	29,78
17. Aprilla 2004	2:00:01	23,67	18. Aprilla 2004	21:00:01	21,47	20. Aprilla 2004	16:30:01	35,09
17. Aprilla 2004	2:30:01	22,22	18. Aprilla 2004	21:30:01	25,67	20. Aprilla 2004	17:00:01	36,75
17. Aprilla 2004	3:00:01	23,36	18. Aprilla 2004	22:00:01	24,28	20. Aprilla 2004	17:30:01	43,28
17. Aprilla 2004	3:30:01	23,67	18. Aprilla 2004	22:30:01	26,90	20. Aprilla 2004	18:00:01	44,03
17. Aprilla 2004	4:00:01	23,36	18. Aprilla 2004	23:00:01	25,40	20. Aprilla 2004	18:30:01	43,91
17. Aprilla 2004	4:30:01	22,94	18. Aprilla 2004	23:30:01	26,45	20. Aprilla 2004	19:00:01	49,25
17. Aprilla 2004	5:00:01	23,67	19. Aprilla 2004	0:00:01	24,27	20. Aprilla 2004	19:30:01	48,81
17. Aprilla 2004	5:30:01	23,36	19. Aprilla 2004	0:30:01	23,95	20. Aprilla 2004	20:00:01	46,81
17. Aprilla 2004	6:00:01	23,36	19. Aprilla 2004	1:00:01	24,89	20. Aprilla 2004	20:30:01	43,38
17. Aprilla 2004	6:30:01	22,94	19. Aprilla 2004	1:30:01	23,84	20. Aprilla 2004	21:00:01	35,28
17. Aprilla 2004	7:00:01	23,67	19. Aprilla 2004	2:00:01	24,15	20. Aprilla 2004	21:30:01	31,48
17. Aprilla 2004	7:30:01	23,25	19. Aprilla 2004	2:30:01	25,90	20. Aprilla 2004	22:00:01	29,59
17. Aprilla 2004	8:00:01	24,50	19. Aprilla 2004	3:00:01	24,78	20. Aprilla 2004	22:30:01	29,34
17. Aprilla 2004	8:30:01	24,40	19. Aprilla 2004	3:30:01	23,64	20. Aprilla 2004	23:00:01	30,23
17. Aprilla 2004	9:00:01	22,73	19. Aprilla 2004	4:00:01	24,78	20. Aprilla 2004	23:30:01	28,98
17. Aprilla 2004	9:30:01	26,80	19. Aprilla 2004	4:30:01	24,78	21. Aprilla 2004	0:00:01	30,86
17. Aprilla 2004	10:00:01	44,16	19. Aprilla 2004	5:00:01	24,69	21. Aprilla 2004	0:30:01	30,44
17. Aprilla 2004	10:30:01	39,91	19. Aprilla 2004	5:30:01	24,47	21. Aprilla 2004	1:00:01	30,95
17. Aprilla 2004	11:00:01	38,84	19. Aprilla 2004	6:00:01	25,20	21. Aprilla 2004	1:30:01	30,55
17. Aprilla 2004	11:30:01	35,47	19. Aprilla 2004	6:30:01	22,90	21. Aprilla 2004	2:00:01	30,95
17. Aprilla 2004	12:00:01	26,19	19. Aprilla 2004	7:00:01	23,32	21. Aprilla 2004	2:30:01	30,55
17. Aprilla 2004	12:30:01	23,53	19. Aprilla 2004	7:30:01	23,53	21. Aprilla 2004	3:00:01	30,55
17. Aprilla 2004	13:00:01	25,48	19. Aprilla 2004	8:00:01	21,56	21. Aprilla 2004	3:30:01	29,07
17. Aprilla 2004	13:30:01	17,05	19. Aprilla 2004	8:30:01	21,56	21. Aprilla 2004	4:00:01	30,23
17. Aprilla 2004	14:00:01	15,73	19. Aprilla 2004	9:00:01	21,88	21. Aprilla 2004	4:30:01	29,39
17. Aprilla 2004	14:30:01	12,88	19. Aprilla 2004	9:30:01	26,65	21. Aprilla 2004	5:00:01	30,55
17. Aprilla 2004	15:00:01	17,19	19. Aprilla 2004	10:00:01	33,88	21. Aprilla 2004	5:30:01	30,55
17. Aprilla 2004	15:30:01	17,19	19. Aprilla 2004	10:30:01	34,28	21. Aprilla 2004	6:00:01	30,13
17. Aprilla 2004	16:00:01	11,89	19. Aprilla 2004	11:00:01	32,93	21. Aprilla 2004	6:30:01	32,09
17. Aprilla 2004	16:30:01	17,73	19. Aprilla 2004	11:30:01	29,70	21. Aprilla 2004	7:00:01	34,28
17. Aprilla 2004	17:00:01	8,36	19. Aprilla 2004	12:00:01	28,25	21. Aprilla 2004	7:30:01	32,84
17. Aprilla 2004	17:30:01	13,14	19. Aprilla 2004	12:30:01	21,69	21. Aprilla 2004	8:00:01	33,16
17. Aprilla 2004	18:00:01	17,73	19. Aprilla 2004	13:00:01	17,17	21. Aprilla 2004	8:30:01	32,41
17. Aprilla 2004	18:30:01	11,68	19. Aprilla 2004	13:30:01	12,87	21. Aprilla 2004	9:00:01	35,34
17. Aprilla 2004	19:00:01	13,46	19. Aprilla 2004	14:00:01	6,21	21. Aprilla 2004	9:30:01	36,38
17. Aprilla 2004	19:30:01	12,31	19. Aprilla 2004	14:30:01	5,28	21. Aprilla 2004	10:00:01	36,47
17. Aprilla 2004	20:00:01	14,71	19. Aprilla 2004	15:00:01	3,10	21. Aprilla 2004	10:30:01	38,06
17. Aprilla 2004	20:30:01	21,70	19. Aprilla 2004	15:30:01	4,46	21. Aprilla 2004	11:00:01	37,03
17. Aprilla 2004	21:00:01	20,84	19. Aprilla 2004	16:00:01	5,81	21. Aprilla 2004	11:30:01	35,97
17. Aprilla 2004	21:30:01	21,15	19. Aprilla 2004	16:30:01	5,39	21. Aprilla 2004	12:00:01	34,93
17. Aprilla 2004	22:00:01	20,53	19. Aprilla 2004	17:00:01	6,64	21. Aprilla 2004	12:30:01	32,84
17. Aprilla 2004	22:30:01	20,75	19. Aprilla 2004	17:30:01	8,51	21. Aprilla 2004	13:00:01	20,97
17. Aprilla 2004	23:00:01	21,89	19. Aprilla 2004	18:00:01	11,91	21. Aprilla 2004	13:30:01	20,55
17. Aprilla 2004	23:30:01	22,20	19. Aprilla 2004	18:30:01	16,05	21. Aprilla 2004	14:00:01	10,76
18. Aprilla 2004	0:00:01	22,25	19. Aprilla 2004	19:00:01	28,72	21. Aprilla 2004	14:30:01	10,37
18. Aprilla 2004	0:30:01	23,31	19. Aprilla 2004	19:30:01	26,02	21. Aprilla 2004	15:00:01	9,93
18. Aprilla 2004	1:00:01	24,63	19. Aprilla 2004	20:00:01	30,89	21. Aprilla 2004	15:30:01	5,87
18. Aprilla 2004	1:30:01	24,42	19. Aprilla 2004	20:30:01	29,53	21. Aprilla 2004	16:00:01	11,55
18. Aprilla 2004	2:00:01	24,94	19. Aprilla 2004	21:00:01	30,27	21. Aprilla 2004	16:30:01	12,12
18. Aprilla 2004	2:30:01	23,82	19. Aprilla 2004	21:30:01	30,89	21. Aprilla 2004	17:00:01	19,63
18. Aprilla 2004	3:00:01	24,45	19. Aprilla 2004	22:00:01	27,86	21. Aprilla 2004	17:30:01	24,53
18. Aprilla 2004	3:30:01	24,45	19. Aprilla 2004	22:30:01	24,98	21. Aprilla 2004	18:00:01	39,88
18. Aprilla 2004	4:00:01	23,73	19. Aprilla 2004	23:00:01	24,56	21. Aprilla 2004	18:30:01	39,91
18. Aprilla 2004	4:30:01	24,14	19. Aprilla 2004	23:30:01	26,86	21. Aprilla 2004	19:00:01	48,88
18. Aprilla 2004	5:00:01	23,00	20. Aprilla 2004	0:00:01	26,86	21. Aprilla 2004	19:30:01	44,50
18. Aprilla 2004	5:30:01	24,45	20. Aprilla 2004	0:30:01	27,28	21. Aprilla 2004	20:00:01	40,31
18. Aprilla 2004	6:00:01	24,25	20. Aprilla 2004	1:00:01	26,97	21. Aprilla 2004	20:30:01	37,18
18. Aprilla 2004	6:30:01	24,25	20. Aprilla 2004	1:30:01	26,75	21. Aprilla 2004	21:00:01	28,60
18. Aprilla 2004	7:00:01	24,45	20. Aprilla 2004	2:00:01	26,75	21. Aprilla 2004	21:30:01	28,38
18. Aprilla 2004	7:30:01	23,52	20. Aprilla 2004	2:30:01	26,03	21. Aprilla 2004	22:00:01	28,38
18. Aprilla 2004	8:00:01	25,30	20. Aprilla 2004	3:00:01	26,97	21. Aprilla 2004	22:30:01	27,13
18. Aprilla 2004	8:30:01	23,82	20. Aprilla 2004	3:30:01	26,13	21. Aprilla 2004	23:00:01	28,57
18. Aprilla 2004	9:00:01	24,36	20. Aprilla 2004	4:00:01	25,81	21. Aprilla 2004	23:30:01	28,69
18. Aprilla 2004	9:30:01	27,27	20. Aprilla 2004	4:30:01	26,23	22. Aprilla 2004	0:00:01	28,78
18. Aprilla 2004	10:00:01	28,98	20. Aprilla 2004	5:00:01	26,97	22. Aprilla 2004	0:30:01	28,78
18. Aprilla 2004	10:30:01	28,81	20. Aprilla 2004	5:30:01	26,97	22. Aprilla 2004	1:00:01	29,90
18. Aprilla 2004	11:00:01	28,50	20. Aprilla 2004	6:00:01	27,59	22. Aprilla 2004	1:30:01	29,90
18. Aprilla 2004	11:30:01	29,73	20. Aprilla 2004	6:30:01	26,13	22. Aprilla 2004	2:00:01	28,27
18. Aprilla 2004	12:00:01	32,00	20. Aprilla 2004	7:00:01	26,23	22. Aprilla 2004	2:30:01	29,90
18. Aprilla 2004	12:30:01	30,53	20. Aprilla 2004	7:30:01	25,81	22. Aprilla 2004	3:00:01	29,90
18. Aprilla 2004	13:00:01	21,30	20. Aprilla 2004	8:00:01	25,81	22. Aprilla 2004	3:30:01	28,38
18. Aprilla 2004	13:30:01	14,31	20. Aprilla 2004	8:30:01	26,34	22. Aprilla 2004	4:00:01	28,38
18. Aprilla 2004	14:00:01	13,26	20. Aprilla 2004	9:00:01	26,13	22. Aprilla 2004	4:30:01	28,78
18. Aprilla 2004	14:30:01	9,18	20. Aprilla 2004	9:30:01	26,34	22. Aprilla 2004	5:00:01	27,64
18. Aprilla 2004	15:00:01	10,68	20. Aprilla 2004	10:00:01	28,42	22. Aprilla 2004	5:30:01	29,40
18. Aprilla 2004	15:30:01	7,96	20. Aprilla 2004	10:30:01	26,75	22. Aprilla 2004	6:00:01	28,78
18. Aprilla 2004	16:00:01	5,84	20. Aprilla 2004	11:00:01	26,44	22. Aprilla 2004	6:30:01	28,78
18. Aprilla 2004	16:30:01	18,34	20. Aprilla 2004	11:30:01	26,55	22. Aprilla 2004	7:00:01	27,32
18. Aprilla 2004	17:00:01	6,67	20. Aprilla 2004	12:00:01	28,63	22. Aprilla 2004	7:30:01	27,64
18. Aprilla 2004	17:30:01	11,66	20. Aprilla 2004	12:30:01	28,53	22. Aprilla 2004	8:00:01	27,95
18. Aprilla 2004	18:00:01	8,47	20. Aprilla 2004	13:00:01	29,15	22. Aprilla 2004	8:30:01	27,64
18. Aprilla 2004	18:30:01	10,14	20. Aprilla 2004	13:30:01	29,56	22. Aprilla 2004	9:00:01	27,95
18. Aprilla 2004	19:00:01	14,11	20. Aprilla 2004	14:00:01	29,56	22. Aprilla 2004	9:30:01	27,53
18. Aprilla 2004	19:30:01	15,83	20. Aprilla 2004	14:30:01	29,56	22. Aprilla 2004	10:00:01	27,95
			20. Aprilla 2004	15:00:01	29,88			

Päivä	Aika	TV02 asento %	Päivä	Aika	TV02 asento %
22. Aprilita 2004	10:30:01	27,84	24. Aprilita 2004	5:30:01	23,70
22. Aprilita 2004	11:00:01	26,81	24. Aprilita 2004	6:00:01	22,32
22. Aprilita 2004	11:30:01	24,81	24. Aprilita 2004	6:30:01	21,70
22. Aprilita 2004	12:00:01	24,19	24. Aprilita 2004	7:00:01	22,44
22. Aprilita 2004	12:30:01	24,27	24. Aprilita 2004	7:30:01	24,03
22. Aprilita 2004	13:00:01	23,23	24. Aprilita 2004	8:00:01	22,25
22. Aprilita 2004	13:30:01	14,38	24. Aprilita 2004	8:30:01	21,73
22. Aprilita 2004	14:00:01	11,13	24. Aprilita 2004	9:00:01	19,86
22. Aprilita 2004	14:30:01	9,70	24. Aprilita 2004	9:30:01	27,23
22. Aprilita 2004	15:00:01	4,50	24. Aprilita 2004	10:00:01	29,98
22. Aprilita 2004	15:30:01	5,63	24. Aprilita 2004	10:30:01	28,73
22. Aprilita 2004	16:00:01	7,15	24. Aprilita 2004	11:00:01	26,86
22. Aprilita 2004	16:30:01	7,46	24. Aprilita 2004	11:30:01	27,80
22. Aprilita 2004	17:00:01	7,30	24. Aprilita 2004	12:00:01	26,55
22. Aprilita 2004	17:30:01	7,19	24. Aprilita 2004	12:30:01	21,32
22. Aprilita 2004	18:00:01	10,95	24. Aprilita 2004	13:00:01	15,06
22. Aprilita 2004	18:30:01	14,99	24. Aprilita 2004	13:30:01	10,56
22. Aprilita 2004	19:00:01	11,55	24. Aprilita 2004	14:00:01	10,56
22. Aprilita 2004	19:30:01	14,59	24. Aprilita 2004	14:30:01	11,18
22. Aprilita 2004	20:00:01	16,67	24. Aprilita 2004	15:00:01	8,89
22. Aprilita 2004	20:30:01	17,70	24. Aprilita 2004	15:30:01	7,84
22. Aprilita 2004	21:00:01	20,84	24. Aprilita 2004	16:00:01	9,20
22. Aprilita 2004	21:30:01	18,65	24. Aprilita 2004	16:30:01	9,22
22. Aprilita 2004	22:00:01	16,27	24. Aprilita 2004	17:00:01	7,91
22. Aprilita 2004	22:30:01	15,21	24. Aprilita 2004	17:30:01	8,33
22. Aprilita 2004	23:00:01	15,21	24. Aprilita 2004	18:00:01	10,20
22. Aprilita 2004	23:30:01	16,05	24. Aprilita 2004	18:30:01	8,74
23. Aprilita 2004	0:00:01	16,36	24. Aprilita 2004	19:00:01	11,30
23. Aprilita 2004	0:30:01	17,20	24. Aprilita 2004	19:30:01	11,55
23. Aprilita 2004	1:00:01	17,92	24. Aprilita 2004	20:00:01	11,45
23. Aprilita 2004	1:30:01	17,61	24. Aprilita 2004	20:30:01	14,26
23. Aprilita 2004	2:00:01	17,20	24. Aprilita 2004	21:00:01	14,67
23. Aprilita 2004	2:30:01	20,11	24. Aprilita 2004	21:30:01	13,64
23. Aprilita 2004	3:00:01	20,11	24. Aprilita 2004	22:00:01	14,78
23. Aprilita 2004	3:30:01	19,59	24. Aprilita 2004	22:30:01	16,25
23. Aprilita 2004	4:00:01	19,90	24. Aprilita 2004	23:00:01	19,20
23. Aprilita 2004	4:30:01	19,90	24. Aprilita 2004	23:30:01	21,36
23. Aprilita 2004	5:00:01	19,48	25. Aprilita 2004	0:00:01	22,52
23. Aprilita 2004	5:30:01	21,05	25. Aprilita 2004	0:30:01	22,98
23. Aprilita 2004	6:00:01	20,22	25. Aprilita 2004	1:00:01	23,30
23. Aprilita 2004	6:30:01	21,89	25. Aprilita 2004	1:30:01	22,98
23. Aprilita 2004	7:00:01	20,11	25. Aprilita 2004	2:00:01	23,44
23. Aprilita 2004	7:30:01	18,77	25. Aprilita 2004	2:30:01	24,70
23. Aprilita 2004	8:00:01	17,61	25. Aprilita 2004	3:00:01	22,61
23. Aprilita 2004	8:30:01	16,98	25. Aprilita 2004	3:30:01	23,13
23. Aprilita 2004	9:00:01	19,39	25. Aprilita 2004	4:00:01	23,23
23. Aprilita 2004	9:30:01	29,40	25. Aprilita 2004	4:30:01	23,75
23. Aprilita 2004	10:00:01	30,98	25. Aprilita 2004	5:00:01	21,14
23. Aprilita 2004	10:30:01	31,72	25. Aprilita 2004	5:30:01	21,77
23. Aprilita 2004	11:00:01	28,80	25. Aprilita 2004	6:00:01	22,61
23. Aprilita 2004	11:30:01	27,03	25. Aprilita 2004	6:30:01	23,02
23. Aprilita 2004	12:00:01	22,13	25. Aprilita 2004	7:00:01	21,77
23. Aprilita 2004	12:30:01	13,81	25. Aprilita 2004	7:30:01	22,50
23. Aprilita 2004	13:00:01	12,60	25. Aprilita 2004	8:00:01	22,30
23. Aprilita 2004	13:30:01	10,09	25. Aprilita 2004	8:30:01	20,20
23. Aprilita 2004	14:00:01	9,39	25. Aprilita 2004	9:00:01	19,38
23. Aprilita 2004	14:30:01	7,44	25. Aprilita 2004	9:30:01	27,70
23. Aprilita 2004	15:00:01	7,13	25. Aprilita 2004	10:00:01	27,75
23. Aprilita 2004	15:30:01	7,36	25. Aprilita 2004	10:30:01	27,23
23. Aprilita 2004	16:00:01	7,67	25. Aprilita 2004	11:00:01	25,36
23. Aprilita 2004	16:30:01	8,51	25. Aprilita 2004	11:30:01	24,82
23. Aprilita 2004	17:00:01	11,21	25. Aprilita 2004	12:00:01	22,02
23. Aprilita 2004	17:30:01	11,32	25. Aprilita 2004	12:30:01	23,14
23. Aprilita 2004	18:00:01	11,84	25. Aprilita 2004	13:00:01	14,82
23. Aprilita 2004	18:30:01	11,32	25. Aprilita 2004	13:30:01	12,25
23. Aprilita 2004	19:00:01	14,23	25. Aprilita 2004	14:00:01	10,57
23. Aprilita 2004	19:30:01	13,92	25. Aprilita 2004	14:30:01	11,90
23. Aprilita 2004	20:00:01	14,23	25. Aprilita 2004	15:00:01	9,84
23. Aprilita 2004	20:30:01	15,59	25. Aprilita 2004	15:30:01	6,40
23. Aprilita 2004	21:00:01	14,13	25. Aprilita 2004	16:00:01	5,36
23. Aprilita 2004	21:30:01	13,20	25. Aprilita 2004	16:30:01	7,23
23. Aprilita 2004	22:00:01	13,82	25. Aprilita 2004	17:00:01	6,40
23. Aprilita 2004	22:30:01	13,61	25. Aprilita 2004	17:30:01	7,23
23. Aprilita 2004	23:00:01	15,48	25. Aprilita 2004	18:00:01	7,96
23. Aprilita 2004	23:30:01	14,76	25. Aprilita 2004	18:30:01	8,80
24. Aprilita 2004	0:00:01	16,42	25. Aprilita 2004	19:00:01	9,42
24. Aprilita 2004	0:30:01	16,94	25. Aprilita 2004	19:30:01	10,57
24. Aprilita 2004	1:00:01	17,56	25. Aprilita 2004	20:00:01	10,95
24. Aprilita 2004	1:30:01	22,34	25. Aprilita 2004	20:30:01	11,95
24. Aprilita 2004	2:00:01	22,59	25. Aprilita 2004	21:00:01	14,30
24. Aprilita 2004	2:30:01	23,22	25. Aprilita 2004	21:30:01	14,55
24. Aprilita 2004	3:00:01	22,73	25. Aprilita 2004	22:00:01	14,86
24. Aprilita 2004	3:30:01	21,70	25. Aprilita 2004	22:30:01	14,74
24. Aprilita 2004	4:00:01	22,02	25. Aprilita 2004	23:00:01	15,01
24. Aprilita 2004	4:30:01	22,44	25. Aprilita 2004	23:30:01	16,36
24. Aprilita 2004	5:00:01	22,44			

Taulukko D.6 Lämmityspiirin tulo- ja paluuveden lämpötila

Päivä	Aika	Paluuveden lämp. (°C)	Tuloveden lämp. (°C)	Päivä	Aika	Paluuveden lämp. (°C)	Tuloveden lämp. (°C)
16. Aprilita 2004	12:00:01	28,4	39,8	18. Aprilita 2004	8:30:01	25,2	44,6
16. Aprilita 2004	12:30:01	24,1	40,6	18. Aprilita 2004	9:00:01	25,2	43,7
16. Aprilita 2004	13:00:01	23,7	39,4	18. Aprilita 2004	9:30:01	25,5	41,1
16. Aprilita 2004	13:30:01	24,5	39,4	18. Aprilita 2004	10:00:01	25,5	39,4
16. Aprilita 2004	14:00:01	24,1	39,4	18. Aprilita 2004	10:30:01	25,2	37,7
16. Aprilita 2004	14:30:01	24,1	39,4	18. Aprilita 2004	11:00:01	25,5	37,7
16. Aprilita 2004	15:00:01	24,1	39,8	18. Aprilita 2004	11:30:01	26,6	38,1
16. Aprilita 2004	15:30:01	24,1	39,8	18. Aprilita 2004	12:00:01	28,1	38,1
16. Aprilita 2004	16:00:01	24,8	40,2	18. Aprilita 2004	12:30:01	25,5	38,1
16. Aprilita 2004	16:30:01	25,2	39,8	18. Aprilita 2004	13:00:01	26,3	38,5
16. Aprilita 2004	17:00:01	25,5	39,8	18. Aprilita 2004	13:30:01	26,3	38,1
16. Aprilita 2004	17:30:01	25,2	40,2	18. Aprilita 2004	14:00:01	25,5	37,3
16. Aprilita 2004	18:00:01	25,2	40,6	18. Aprilita 2004	14:30:01	26,6	38,1
16. Aprilita 2004	18:30:01	25,5	41,1	18. Aprilita 2004	15:00:01	25,9	30,3
16. Aprilita 2004	19:00:01	24,8	41,1	18. Aprilita 2004	15:30:01	25,5	27
16. Aprilita 2004	19:30:01	25,9	41,9	18. Aprilita 2004	16:00:01	25,9	25,9
16. Aprilita 2004	20:00:01	25,2	41,5	18. Aprilita 2004	16:30:01	28,4	38,1
16. Aprilita 2004	20:30:01	24,1	42,8	18. Aprilita 2004	17:00:01	26,3	29,2
16. Aprilita 2004	21:00:01	23,7	43,7	18. Aprilita 2004	17:30:01	25,5	26,6
16. Aprilita 2004	21:30:01	23	43,7	18. Aprilita 2004	18:00:01	25,2	25,5
16. Aprilita 2004	22:00:01	23,4	44,1	18. Aprilita 2004	18:30:01	25,2	25,2
16. Aprilita 2004	22:30:01	23,4	45,1	18. Aprilita 2004	19:00:01	24,5	25,2
16. Aprilita 2004	23:00:01	23,4	46,5	18. Aprilita 2004	19:30:01	24,5	24,8
16. Aprilita 2004	23:30:01	23,4	46,5	18. Aprilita 2004	20:00:01	24,1	24,8
17. Aprilita 2004	0:00:01	23,4	46,9	18. Aprilita 2004	20:30:01	24,1	24,8
17. Aprilita 2004	0:30:01	23,7	46	18. Aprilita 2004	21:00:01	23,7	24,5
17. Aprilita 2004	1:00:01	24,1	47,9	18. Aprilita 2004	21:30:01	23,7	24,5
17. Aprilita 2004	1:30:01	24,5	48,4	18. Aprilita 2004	22:00:01	23,7	24,5
17. Aprilita 2004	2:00:01	24,8	48,4	18. Aprilita 2004	22:30:01	24,5	39,8
17. Aprilita 2004	2:30:01	25,2	48,9	18. Aprilita 2004	23:00:01	24,5	40,2
17. Aprilita 2004	3:00:01	25,2	48,9	18. Aprilita 2004	23:30:01	24,1	41,1
17. Aprilita 2004	3:30:01	25,2	48,4	19. Aprilita 2004	0:00:01	25,2	41,9
17. Aprilita 2004	4:00:01	24,8	48,9	19. Aprilita 2004	0:30:01	24,5	42,4
17. Aprilita 2004	4:30:01	25,5	48,9	19. Aprilita 2004	1:00:01	24,8	42,8
17. Aprilita 2004	5:00:01	25,5	48,9	19. Aprilita 2004	1:30:01	25,2	43,7
17. Aprilita 2004	5:30:01	25,2	48,9	19. Aprilita 2004	2:00:01	24,8	43,7
17. Aprilita 2004	6:00:01	25,2	48,4	19. Aprilita 2004	2:30:01	24,5	43,7
17. Aprilita 2004	6:30:01	25,5	48,4	19. Aprilita 2004	3:00:01	24,8	44,1
17. Aprilita 2004	7:00:01	25,9	48,4	19. Aprilita 2004	3:30:01	24,5	44,6
17. Aprilita 2004	7:30:01	25,5	48,4	19. Aprilita 2004	4:00:01	25,2	44,6
17. Aprilita 2004	8:00:01	25,5	46	19. Aprilita 2004	4:30:01	24,5	45,1
17. Aprilita 2004	8:30:01	25,5	45,1	19. Aprilita 2004	5:00:01	24,8	45,5
17. Aprilita 2004	9:00:01	25,5	44,1	19. Aprilita 2004	5:30:01	25,2	45,5
17. Aprilita 2004	9:30:01	25,9	41,1	19. Aprilita 2004	6:00:01	24,8	45,5
17. Aprilita 2004	10:00:01	25,5	37,3	19. Aprilita 2004	6:30:01	24,8	46,9
17. Aprilita 2004	10:30:01	27	37,3	19. Aprilita 2004	7:00:01	25,2	46,9
17. Aprilita 2004	11:00:01	25,5	37,7	19. Aprilita 2004	7:30:01	25,2	46
17. Aprilita 2004	11:30:01	25,9	38,5	19. Aprilita 2004	8:00:01	25,2	45,5
17. Aprilita 2004	12:00:01	25,9	38,5	19. Aprilita 2004	8:30:01	25,2	44,6
17. Aprilita 2004	12:30:01	26,6	38,9	19. Aprilita 2004	9:00:01	25,9	42,4
17. Aprilita 2004	13:00:01	27,4	38,5	19. Aprilita 2004	9:30:01	25,5	38,1
17. Aprilita 2004	13:30:01	27	38,9	19. Aprilita 2004	10:00:01	25,9	36,1
17. Aprilita 2004	14:00:01	27	37,7	19. Aprilita 2004	10:30:01	25,2	36,1
17. Aprilita 2004	14:30:01	26,6	37,3	19. Aprilita 2004	11:00:01	25,2	36,5
17. Aprilita 2004	15:00:01	25,9	32,2	19. Aprilita 2004	11:30:01	25,2	36,9
17. Aprilita 2004	15:30:01	25,5	27	19. Aprilita 2004	12:00:01	25,9	36,9
17. Aprilita 2004	16:00:01	25,5	25,5	19. Aprilita 2004	12:30:01	25,5	37,3
17. Aprilita 2004	16:30:01	25,2	25,2	19. Aprilita 2004	13:00:01	25,2	36,9
17. Aprilita 2004	17:00:01	25,2	24,8	19. Aprilita 2004	13:30:01	25,2	31,8
17. Aprilita 2004	17:30:01	25,2	24,5	19. Aprilita 2004	14:00:01	25,2	31,1
17. Aprilita 2004	18:00:01	24,8	24,5	19. Aprilita 2004	14:30:01	24,8	26,3
17. Aprilita 2004	18:30:01	24,8	24,5	19. Aprilita 2004	15:00:01	24,8	25,2
17. Aprilita 2004	19:00:01	24,8	24,1	19. Aprilita 2004	15:30:01	25,9	24,8
17. Aprilita 2004	19:30:01	24,5	24,1	19. Aprilita 2004	16:00:01	25,9	24,8
17. Aprilita 2004	20:00:01	24,1	24,1	19. Aprilita 2004	16:30:01	26,3	24,8
17. Aprilita 2004	20:30:01	24,1	30,3	19. Aprilita 2004	17:00:01	26,6	24,8
17. Aprilita 2004	21:00:01	24,5	40,6	19. Aprilita 2004	17:30:01	27	24,8
17. Aprilita 2004	21:30:01	24,1	41,5	19. Aprilita 2004	18:00:01	27	24,8
17. Aprilita 2004	22:00:01	24,8	43,2	19. Aprilita 2004	18:30:01	26,6	24,8
17. Aprilita 2004	22:30:01	25,2	43,7	19. Aprilita 2004	19:00:01	26,3	24,5
17. Aprilita 2004	23:00:01	24,8	43,7	19. Aprilita 2004	19:30:01	25,5	24,5
17. Aprilita 2004	23:30:01	24,8	44,1	19. Aprilita 2004	20:00:01	25,9	37,3
18. Aprilita 2004	0:00:01	25,2	44,6	19. Aprilita 2004	20:30:01	26,6	37,7
18. Aprilita 2004	0:30:01	24,8	44,1	19. Aprilita 2004	21:00:01	25,9	38,5
18. Aprilita 2004	1:00:01	24,8	44,1	19. Aprilita 2004	21:30:01	25,9	39,4
18. Aprilita 2004	1:30:01	24,8	44,1	19. Aprilita 2004	22:00:01	24,5	39,8
18. Aprilita 2004	2:00:01	24,8	44,6	19. Aprilita 2004	22:30:01	24,5	39,8
18. Aprilita 2004	2:30:01	24,8	44,6	19. Aprilita 2004	23:00:01	24,8	40,6
18. Aprilita 2004	3:00:01	24,8	44,6	19. Aprilita 2004	23:30:01	24,8	40,6
18. Aprilita 2004	3:30:01	24,8	45,1	20. Aprilita 2004	0:00:01	24,8	40,6
18. Aprilita 2004	4:00:01	24,8	45,1	20. Aprilita 2004	0:30:01	25,2	40,6
18. Aprilita 2004	4:30:01	24,8	45,5	20. Aprilita 2004	1:00:01	25,2	41,1
18. Aprilita 2004	5:00:01	24,8	46	20. Aprilita 2004	1:30:01	24,1	41,9
18. Aprilita 2004	5:30:01	24,8	46	20. Aprilita 2004	2:00:01	25,2	41,9
18. Aprilita 2004	6:00:01	24,5	46	20. Aprilita 2004	2:30:01	24,8	42,8
18. Aprilita 2004	6:30:01	24,8	46	20. Aprilita 2004	3:00:01	24,8	42,8
18. Aprilita 2004	7:00:01	25,2	46	20. Aprilita 2004	3:30:01	24,5	43,2
18. Aprilita 2004	7:30:01	25,2	45,1	20. Aprilita 2004	4:00:01	24,8	43,7
18. Aprilita 2004	8:00:01	24,8	44,6	20. Aprilita 2004	4:30:01	24,8	43,7
				20. Aprilita 2004	5:00:01	24,8	43,7
				20. Aprilita 2004	5:30:01	24,8	43,7

Päivä	Aika	Paluuveden lämp. (°C)	Tuloveden lämp. (°C)	Päivä	Aika	Paluuveden lämp. (°C)	Tuloveden lämp. (°C)
20. Aprilita 2004	6:00:01	24,8	43,7	21. Aprilita 2004	4:30:01	25,2	42,4
20. Aprilita 2004	6:30:01	24,8	44,6	21. Aprilita 2004	5:00:01	24,8	41,9
20. Aprilita 2004	7:00:01	24,8	44,1	21. Aprilita 2004	5:30:01	25,2	42,4
20. Aprilita 2004	7:30:01	25,5	43,7	21. Aprilita 2004	6:00:01	25,2	41,5
20. Aprilita 2004	8:00:01	25,9	43,2	21. Aprilita 2004	6:30:01	26,6	41,5
20. Aprilita 2004	8:30:01	25,2	42,8	21. Aprilita 2004	7:00:01	25,9	40,6
20. Aprilita 2004	9:00:01	25,5	42,8	21. Aprilita 2004	7:30:01	25,9	40,2
20. Aprilita 2004	9:30:01	25,5	42,4	21. Aprilita 2004	8:00:01	25,2	40,2
20. Aprilita 2004	10:00:01	25,9	41,9	21. Aprilita 2004	8:30:01	25,2	39,8
20. Aprilita 2004	10:30:01	26,6	41,5	21. Aprilita 2004	9:00:01	26,6	39,8
20. Aprilita 2004	11:00:01	25,9	41,1	21. Aprilita 2004	9:30:01	24,8	38,5
20. Aprilita 2004	11:30:01	25,9	40,2	21. Aprilita 2004	10:00:01	26,3	37,7
20. Aprilita 2004	12:00:01	25,9	38,1	21. Aprilita 2004	10:30:01	26,3	37,3
20. Aprilita 2004	12:30:01	25,9	37,7	21. Aprilita 2004	11:00:01	25,5	37,3
20. Aprilita 2004	13:00:01	26,3	37,7	21. Aprilita 2004	11:30:01	26,6	37,3
20. Aprilita 2004	13:30:01	26,3	37,3	21. Aprilita 2004	12:00:01	25,5	36,9
20. Aprilita 2004	14:00:01	26,6	36,5	21. Aprilita 2004	12:30:01	25,9	36,1
20. Aprilita 2004	14:30:01	25,9	36,9	21. Aprilita 2004	13:00:01	25,5	36,1
20. Aprilita 2004	15:00:01	25,9	36,9	21. Aprilita 2004	13:30:01	26,3	36,1
20. Aprilita 2004	15:30:01	26,3	36,5	21. Aprilita 2004	14:00:01	25,2	36,1
20. Aprilita 2004	16:00:01	25,9	36,9	21. Aprilita 2004	14:30:01	25,5	36,9
20. Aprilita 2004	16:30:01	26,3	36,9	21. Aprilita 2004	15:00:01	25,5	36,9
20. Aprilita 2004	17:00:01	26,3	36,9	21. Aprilita 2004	15:30:01	25,2	36,1
20. Aprilita 2004	17:30:01	25,9	36,5	21. Aprilita 2004	16:00:01	25,5	38,1
20. Aprilita 2004	18:00:01	27,4	36,9	21. Aprilita 2004	16:30:01	25,9	38,1
20. Aprilita 2004	18:30:01	27,4	36,9	21. Aprilita 2004	17:00:01	25,5	38,1
20. Aprilita 2004	19:00:01	26,3	36,5	21. Aprilita 2004	17:30:01	26,3	36,9
20. Aprilita 2004	19:30:01	26,3	37,3	21. Aprilita 2004	18:00:01	27	36,5
20. Aprilita 2004	20:00:01	27	38,1	21. Aprilita 2004	18:30:01	26,6	36,9
20. Aprilita 2004	20:30:01	25,9	38,9	21. Aprilita 2004	19:00:01	27,4	36,9
20. Aprilita 2004	21:00:01	24,5	39,8	21. Aprilita 2004	19:30:01	26,6	37,3
20. Aprilita 2004	21:30:01	24,5	40,2	21. Aprilita 2004	20:00:01	25,2	38,1
20. Aprilita 2004	22:00:01	24,5	40,6	21. Aprilita 2004	20:30:01	26,6	38,1
20. Aprilita 2004	22:30:01	24,5	40,6	21. Aprilita 2004	21:00:01	25,9	38,9
20. Aprilita 2004	23:00:01	24,5	41,1	21. Aprilita 2004	21:30:01	24,8	39,4
20. Aprilita 2004	23:30:01	24,8	41,5	21. Aprilita 2004	22:00:01	24,1	39,8
21. Aprilita 2004	0:00:01	24,1	41,5	21. Aprilita 2004	22:30:01	24,5	40,2
21. Aprilita 2004	0:30:01	24,5	41,5	21. Aprilita 2004	23:00:01	24,1	40,6
21. Aprilita 2004	1:00:01	24,8	41,9	21. Aprilita 2004	23:30:01	24,1	40,6
21. Aprilita 2004	1:30:01	24,8	41,9	22. Aprilita 2004	0:00:01	23,7	41,1
21. Aprilita 2004	2:00:01	24,5	41,9	22. Aprilita 2004	0:30:01	24,1	41,1
21. Aprilita 2004	2:30:01	25,2	41,9	22. Aprilita 2004	1:00:01	23,7	41,5
21. Aprilita 2004	3:00:01	24,8	41,9	22. Aprilita 2004	1:30:01	23,7	41,5
21. Aprilita 2004	3:30:01	25,5	41,9	22. Aprilita 2004	2:00:01	23,7	41,5
21. Aprilita 2004	4:00:01	25,2	41,9	22. Aprilita 2004	2:30:01	24,1	41,9
				22. Aprilita 2004	3:00:01	23,4	41,9

Taulukko D.7 Rakennusautomaatiojärjestelmän mittaamat ilmanvaihtokanavan lämpötilat ennen ja jälkeen jälkilämmityspatteria

Aika	TE10	TE02	Aika	TE10	TE02	Aika	TE10	TE02
17:30:01 20-Apr-2004 ART	32,50	27,21	13:00:01 22-Apr-2004 ART	32,09	26,51	9:00:01 24-Apr-2004 ART	33,09	27,51
18:00:01 20-Apr-2004 ART	32,31	27,28	13:30:01 22-Apr-2004 ART	31,98	26,67	9:30:01 24-Apr-2004 ART	32,09	26,79
18:30:01 20-Apr-2004 ART	32,43	27,34	14:00:01 22-Apr-2004 ART	31,59	26,82	10:00:01 24-Apr-2004 ART	32,43	26,82
19:00:01 20-Apr-2004 ART	32,75	27,51	14:30:01 22-Apr-2004 ART	31,42	27,10	10:30:01 24-Apr-2004 ART	32,31	26,82
19:30:01 20-Apr-2004 ART	32,59	27,10	15:00:01 22-Apr-2004 ART	31,20	26,87	11:00:01 24-Apr-2004 ART	32,50	27,10
20:00:01 20-Apr-2004 ART	33,28	28,60	15:30:01 22-Apr-2004 ART	31,04	26,82	11:30:01 24-Apr-2004 ART	32,43	26,96
20:30:01 20-Apr-2004 ART	33,00	27,40	16:00:01 22-Apr-2004 ART	31,09	26,96	12:00:01 24-Apr-2004 ART	32,25	26,87
21:00:01 20-Apr-2004 ART	33,28	27,57	16:30:01 22-Apr-2004 ART	31,04	26,96	12:30:01 24-Apr-2004 ART	32,03	27,18
21:30:01 20-Apr-2004 ART	33,18	27,45	17:00:01 22-Apr-2004 ART	30,92	26,87	13:00:01 24-Apr-2004 ART	31,64	27,60
22:00:01 20-Apr-2004 ART	33,28	27,67	17:30:01 22-Apr-2004 ART	31,20	27,10	13:30:01 24-Apr-2004 ART	31,46	26,96
22:30:01 20-Apr-2004 ART	33,18	27,45	18:00:01 22-Apr-2004 ART	30,65	26,57	14:00:01 24-Apr-2004 ART	31,25	27,45
23:00:01 20-Apr-2004 ART	33,28	27,51	18:30:01 22-Apr-2004 ART	31,04	26,96	14:30:01 24-Apr-2004 ART	31,15	27,21
23:30:01 20-Apr-2004 ART	33,37	27,45	19:00:01 22-Apr-2004 ART	31,54	27,34	15:00:01 24-Apr-2004 ART	31,15	27,12
0:00:01 21-Apr-2004 ART	33,28	27,28	19:30:01 22-Apr-2004 ART	31,59	27,12	15:30:01 24-Apr-2004 ART	31,32	27,21
0:30:01 21-Apr-2004 ART	33,37	27,34	20:00:01 22-Apr-2004 ART	31,46	26,71	16:00:01 24-Apr-2004 ART	31,04	27,60
1:00:01 21-Apr-2004 ART	33,43	27,40	20:30:01 22-Apr-2004 ART	31,75	26,96	16:30:01 24-Apr-2004 ART	31,20	27,21
1:30:01 21-Apr-2004 ART	33,43	27,34	21:00:01 22-Apr-2004 ART	32,31	26,67	17:00:01 24-Apr-2004 ART	31,25	27,60
2:00:01 21-Apr-2004 ART	33,43	27,34	21:30:01 22-Apr-2004 ART	32,53	26,96	17:30:01 24-Apr-2004 ART	31,32	27,18
2:30:01 21-Apr-2004 ART	33,50	27,51	22:00:01 22-Apr-2004 ART	32,93	27,60	18:00:01 24-Apr-2004 ART	31,46	27,28
3:00:01 21-Apr-2004 ART	33,50	27,45	22:30:01 22-Apr-2004 ART	33,18	27,21	18:30:01 24-Apr-2004 ART	31,64	27,45
3:30:01 21-Apr-2004 ART	33,59	27,45	23:00:01 22-Apr-2004 ART	33,28	27,18	19:00:01 24-Apr-2004 ART	31,64	27,18
4:00:01 21-Apr-2004 ART	33,53	27,40	23:30:01 22-Apr-2004 ART	33,31	27,18	19:30:01 24-Apr-2004 ART	31,87	27,21
4:30:01 21-Apr-2004 ART	33,53	27,40	0:00:01 23-Apr-2004 ART	33,31	26,96	20:00:01 24-Apr-2004 ART	31,92	27,34
5:00:01 21-Apr-2004 ART	33,50	27,34	0:30:01 23-Apr-2004 ART	33,31	27,60	20:30:01 24-Apr-2004 ART	32,03	27,21
5:30:01 21-Apr-2004 ART	33,53	27,34	1:00:01 23-Apr-2004 ART	33,28	26,82	21:00:01 24-Apr-2004 ART	32,18	27,28
6:00:01 21-Apr-2004 ART	33,43	27,28	1:30:01 23-Apr-2004 ART	33,31	26,96	21:30:01 24-Apr-2004 ART	32,31	27,60
6:30:01 21-Apr-2004 ART	33,03	27,60	2:00:01 23-Apr-2004 ART	33,37	26,82	22:00:01 24-Apr-2004 ART	32,43	27,18
7:00:01 21-Apr-2004 ART	32,87	27,10	2:30:01 23-Apr-2004 ART	33,18	26,82	22:30:01 24-Apr-2004 ART	32,43	27,18
7:30:01 21-Apr-2004 ART	32,93	26,96	3:00:01 23-Apr-2004 ART	33,18	26,82	23:00:01 24-Apr-2004 ART	32,65	27,18
8:00:01 21-Apr-2004 ART	32,81	27,12	3:30:01 23-Apr-2004 ART	33,18	26,96	23:30:01 24-Apr-2004 ART	32,81	27,60
8:30:01 21-Apr-2004 ART	32,81	27,21	4:00:01 23-Apr-2004 ART	33,28	26,82	0:00:01 25-Apr-2004 ART	32,87	27,60
9:00:01 21-Apr-2004 ART	32,43	27,10	4:30:01 23-Apr-2004 ART	33,31	26,82	0:30:01 25-Apr-2004 ART	32,93	26,96
9:30:01 21-Apr-2004 ART	32,59	27,18	5:00:01 23-Apr-2004 ART	33,37	26,96	1:00:01 25-Apr-2004 ART	33,03	27,18
10:00:01 21-Apr-2004 ART	32,43	27,40	5:30:01 23-Apr-2004 ART	33,28	27,10	1:30:01 25-Apr-2004 ART	33,00	26,82
10:30:01 21-Apr-2004 ART	32,25	27,34	6:00:01 23-Apr-2004 ART	33,28	26,79	2:00:01 25-Apr-2004 ART	33,09	26,82
11:00:01 21-Apr-2004 ART	32,34	27,45	6:30:01 23-Apr-2004 ART	33,00	26,57	2:30:01 25-Apr-2004 ART	33,15	26,96
11:30:01 21-Apr-2004 ART	32,25	27,40	7:00:01 23-Apr-2004 ART	33,18	26,71	3:00:01 25-Apr-2004 ART	33,18	26,96
12:00:01 21-Apr-2004 ART	32,25	27,51	7:30:01 23-Apr-2004 ART	33,15	26,67	3:30:01 25-Apr-2004 ART	33,28	27,10
12:30:01 21-Apr-2004 ART	32,15	27,18	8:00:01 23-Apr-2004 ART	33,03	26,79	4:00:01 25-Apr-2004 ART	33,31	26,96
13:00:01 21-Apr-2004 ART	31,92	27,21	8:30:01 23-Apr-2004 ART	32,93	27,12	4:30:01 25-Apr-2004 ART	33,31	26,87
13:30:01 21-Apr-2004 ART	31,64	27,28	9:00:01 23-Apr-2004 ART	32,34	26,79	5:00:01 25-Apr-2004 ART	33,50	26,82
14:00:01 21-Apr-2004 ART	31,32	27,40	9:30:01 23-Apr-2004 ART	31,98	26,71	5:30:01 25-Apr-2004 ART	33,43	26,82
14:30:01 21-Apr-2004 ART	31,37	27,18	10:00:01 23-Apr-2004 ART	32,31	26,71	6:00:01 25-Apr-2004 ART	33,50	26,82
15:00:01 21-Apr-2004 ART	31,20	27,45	10:30:01 23-Apr-2004 ART	32,18	26,79	6:30:01 25-Apr-2004 ART	33,43	26,71
15:30:01 21-Apr-2004 ART	31,09	27,67	11:00:01 23-Apr-2004 ART	32,53	26,71	7:00:01 25-Apr-2004 ART	33,50	27,10
16:00:01 21-Apr-2004 ART	31,09	27,34	11:30:01 23-Apr-2004 ART	32,53	26,96	7:30:01 25-Apr-2004 ART	33,37	27,12
16:30:01 21-Apr-2004 ART	31,15	27,21	12:00:01 23-Apr-2004 ART	32,43	27,10	8:00:01 25-Apr-2004 ART	33,28	27,12
17:00:01 21-Apr-2004 ART	31,42	27,60	12:30:01 23-Apr-2004 ART	32,09	27,60	8:30:01 25-Apr-2004 ART	33,09	27,28
17:30:01 21-Apr-2004 ART	31,20	26,96	13:00:01 23-Apr-2004 ART	31,70	27,28	9:00:01 25-Apr-2004 ART	32,87	27,60
18:00:01 21-Apr-2004 ART	31,32	26,67	13:30:01 23-Apr-2004 ART	31,42	27,12	9:30:01 25-Apr-2004 ART	32,15	26,82
18:30:01 21-Apr-2004 ART	31,70	27,10	14:00:01 23-Apr-2004 ART	31,25	27,40	10:00:01 25-Apr-2004 ART	32,31	26,67
19:00:01 21-Apr-2004 ART	31,98	26,87	14:30:01 23-Apr-2004 ART	31,25	27,12	10:30:01 25-Apr-2004 ART	32,34	26,71
19:30:01 21-Apr-2004 ART	32,65	27,51	15:00:01 23-Apr-2004 ART	31,15	27,18	11:00:01 25-Apr-2004 ART	32,50	26,87
20:00:01 21-Apr-2004 ART	32,53	27,40	15:30:01 23-Apr-2004 ART	31,20	27,60	11:30:01 25-Apr-2004 ART	32,34	26,96
20:30:01 21-Apr-2004 ART	32,75	27,34	16:00:01 23-Apr-2004 ART	31,20	27,60	12:00:01 25-Apr-2004 ART	32,34	26,82
21:00:01 21-Apr-2004 ART	32,65	27,28	16:30:01 23-Apr-2004 ART	31,15	27,10	12:30:01 25-Apr-2004 ART	31,92	26,79
21:30:01 21-Apr-2004 ART	32,65	27,21	17:00:01 23-Apr-2004 ART	30,92	26,82	13:00:01 25-Apr-2004 ART	31,64	27,12
22:00:01 21-Apr-2004 ART	32,71	27,12	17:30:01 23-Apr-2004 ART	31,04	26,96	13:30:01 25-Apr-2004 ART	31,54	27,12
22:30:01 21-Apr-2004 ART	32,93	27,28	18:00:01 23-Apr-2004 ART	31,15	27,10	14:00:01 25-Apr-2004 ART	31,42	27,21
23:00:01 21-Apr-2004 ART	32,93	27,34	18:30:01 23-Apr-2004 ART	31,04	27,12	14:30:01 25-Apr-2004 ART	31,09	27,18
23:30:01 21-Apr-2004 ART	33,03	27,18	19:00:01 23-Apr-2004 ART	31,32	27,60	15:00:01 25-Apr-2004 ART	31,25	27,34
0:00:01 22-Apr-2004 ART	33,15	27,18	19:30:01 23-Apr-2004 ART	31,46	26,96	15:30:01 25-Apr-2004 ART	30,92	27,18
0:30:01 22-Apr-2004 ART	33,15	27,21	20:00:01 23-Apr-2004 ART	31,64	26,96	16:00:01 25-Apr-2004 ART	31,15	27,18
1:00:01 22-Apr-2004 ART	33,28	27,28	20:30:01 23-Apr-2004 ART	31,81	27,10	16:30:01 25-Apr-2004 ART	30,92	27,21
1:30:01 22-Apr-2004 ART	33,28	27,12	21:00:01 23-Apr-2004 ART	32,31	27,60	17:00:01 25-Apr-2004 ART	30,92	27,28
2:00:01 22-Apr-2004 ART	33,31	27,60	21:30:01 23-Apr-2004 ART	32,43	27,12	17:30:01 25-Apr-2004 ART	30,98	27,21
2:30:01 22-Apr-2004 ART	33,28	27,28	22:00:01 23-Apr-2004 ART	32,50	27,10	18:00:01 25-Apr-2004 ART	31,25	27,40
3:00:01 22-Apr-2004 ART	33,37	27,18	22:30:01 23-Apr-2004 ART	32,65	27,18	18:30:01 25-Apr-2004 ART	31,20	26,62
3:30:01 22-Apr-2004 ART	33,43	27,10	23:00:01 23-Apr-2004 ART	32,65	27,18	19:00:01 25-Apr-2004 ART	31,37	26,51
4:00:01 22-Apr-2004 ART	33,50	27,28	23:30:01 23-Apr-2004 ART	32,81	27,12	19:30:01 25-Apr-2004 ART	31,46	26,71
4:30:01 22-Apr-2004 ART	33,50	27,18	0:00:01 24-Apr-2004 ART	32,87	27,12	20:00:01 25-Apr-2004 ART	31,54	26,62
5:00:01 22-Apr-2004 ART	33,50	27,60	0:30:01 24-Apr-2004 ART	32,87	27,12	20:30:01 25-Apr-2004 ART	31,70	26,57
5:30:01 22-Apr-2004 ART	33,50	27,60	1:00:01 24-Apr-2004 ART	33,03	27,10	21:00:01 25-Apr-2004 ART	31,98	26,62
6:00:01 22-Apr-2004 ART	33,59	27,18	1:30:01 24-Apr-2004 ART	33,03	26,96	21:30:01 25-Apr-2004 ART	32,18	26,35
6:30:01 22-Apr-2004 ART	33,65	27,21	2:00:01 24-Apr-2004 ART	33,09	27,10	22:00:01 25-Apr-2004 ART	32,34	26,57
7:00:01 22-Apr-2004 ART	33,53	27,12	2:30:01 24-Apr-2004 ART	33,09	26,87	22:30:01 25-Apr-2004 ART	32,59	26,45
7:30:01 22-Apr-2004 ART	33,53	27,21	3:00:01 24-Apr-2004 ART	33,18	26,82	23:00:01 25-Apr-2004 ART	32,75	26,67
8:00:01 22-Apr-2004 ART	33,53	27,18	3:30:01 24-Apr-2004 ART	33,28	26,87	23:30:01 25-Apr-2004 ART	32,81	26,45
8:30:01 22-Apr-2004 ART	33,59	27,21	4:00:01 24-Apr-2004 ART	33,31	26,71	0:00:01 26-Apr-2004 ART	33,00	26,67
9:00:01 22-Apr-2004 ART	33,50	27,28	4:30:01 24-Apr-2004 ART	33,31	27,60	0:30:01 26-Apr-2004 ART	33,00	26,51
9:30:01 22-Apr-2004 ART	33,43	27,21	5:00:01 24-Apr-2004 ART	33,37	27,10	1:00:01 26-Apr-2004 ART	33,03	26,51
10:00:01 22-Apr-2004 ART	33,15	27,10	5:30:01 24-Apr-2004 ART	33,37	27,10	1:30:01 26-Apr-2004 ART	33,15	26,51
10:30:01 22-Apr-2004 ART	33,37	27,95	6:00:01 24-Apr-2004 ART	33,50	26,87	2:00:01 26-Apr-2004 ART	33,18	26,35
11:00:01 22-Apr-2004 ART	33,18	26,51	6:30:01 24-Apr-2004 ART	33,43	27,12	2:30:01 26-Apr-2004 ART	33,31	26,62
11:30:01 22-Apr-2004 ART	32,87	26,40	7:00:01 24-Apr-2004 ART	33,37	26,82	3:00:01 26-Apr-2004 ART	33,28	26,57
12:00:01 22-Apr-2004 ART	32,43	26,62	7:30:01 24-Apr-2004 ART	33,31	26,87	3:30:01 26-Apr-2004 ART	33,28	26,45
12:30:01 22-Apr-2004 ART	32,09	26,67	8:00:01 24-Apr-2004 ART	33,31	27,28	4:00:01 26-Apr-2004 ART	33,31	26,45
			8:30:01 24-Apr-2004 ART	33,28	27,18			

Taulukko D. 8 Rakennusautomaatiojärjestelmästä saadut ulkolämpötilat

Päivä	Aika	Ulkolämpötila	Päivä	Aika	Ulkolämpötila	Päivä	Aika	Ulkolämpötila
17. Aprilita 2004	1:00:01	0,28	18. Aprilita 2004	19:30:01	13,29	20. Aprilita 2004	14:00:01	16,26
17. Aprilita 2004	1:30:01	0,28	18. Aprilita 2004	20:00:01	12,17	20. Aprilita 2004	14:30:01	16,26
17. Aprilita 2004	2:00:01	-0,36	18. Aprilita 2004	20:30:01	12,17	20. Aprilita 2004	15:00:01	16,48
17. Aprilita 2004	2:30:01	-0,36	18. Aprilita 2004	21:00:01	10,53	20. Aprilita 2004	15:30:01	16,48
17. Aprilita 2004	3:00:01	-0,80	18. Aprilita 2004	21:30:01	10,53	20. Aprilita 2004	16:00:01	14,89
17. Aprilita 2004	3:30:01	-0,80	18. Aprilita 2004	22:00:01	9,93	20. Aprilita 2004	16:30:01	14,89
17. Aprilita 2004	4:00:01	-1,22	18. Aprilita 2004	22:30:01	9,93	20. Aprilita 2004	17:00:01	14,95
17. Aprilita 2004	4:30:01	-1,22	18. Aprilita 2004	23:00:01	8,30	20. Aprilita 2004	17:30:01	14,95
17. Aprilita 2004	5:00:01	-1,49	18. Aprilita 2004	23:30:01	8,30	20. Aprilita 2004	18:00:01	14,95
17. Aprilita 2004	5:30:01	-1,49	19. Aprilita 2004	0:00:01	6,23	20. Aprilita 2004	18:30:01	14,95
17. Aprilita 2004	6:00:01	-1,66	19. Aprilita 2004	0:30:01	6,23	20. Aprilita 2004	19:00:01	13,79
17. Aprilita 2004	6:30:01	-1,66	19. Aprilita 2004	1:00:01	4,55	20. Aprilita 2004	19:30:01	13,79
17. Aprilita 2004	7:00:01	-0,42	19. Aprilita 2004	1:30:01	4,55	20. Aprilita 2004	20:00:01	12,32
17. Aprilita 2004	7:30:01	-0,42	19. Aprilita 2004	2:00:01	3,32	20. Aprilita 2004	20:30:01	12,32
17. Aprilita 2004	8:00:01	2,60	19. Aprilita 2004	2:30:01	3,32	20. Aprilita 2004	21:00:01	10,79
17. Aprilita 2004	8:30:01	2,60	19. Aprilita 2004	3:00:01	2,50	20. Aprilita 2004	21:30:01	10,79
17. Aprilita 2004	9:00:01	10,35	19. Aprilita 2004	3:30:01	2,50	20. Aprilita 2004	22:00:01	10,25
17. Aprilita 2004	9:30:01	10,35	19. Aprilita 2004	4:00:01	1,73	20. Aprilita 2004	22:30:01	10,25
17. Aprilita 2004	10:00:01	15,50	19. Aprilita 2004	4:30:01	1,73	20. Aprilita 2004	23:00:01	9,59
17. Aprilita 2004	10:30:01	15,50	19. Aprilita 2004	5:00:01	1,14	20. Aprilita 2004	23:30:01	9,59
17. Aprilita 2004	11:00:01	13,96	19. Aprilita 2004	5:30:01	1,14	21. Aprilita 2004	0:00:01	9,15
17. Aprilita 2004	11:30:01	13,96	19. Aprilita 2004	6:00:01	0,81	21. Aprilita 2004	0:30:01	9,15
17. Aprilita 2004	12:00:01	13,30	19. Aprilita 2004	6:30:01	0,81	21. Aprilita 2004	1:00:01	8,97
17. Aprilita 2004	12:30:01	13,30	19. Aprilita 2004	7:00:01	1,85	21. Aprilita 2004	1:30:01	8,97
17. Aprilita 2004	13:00:01	12,98	19. Aprilita 2004	7:30:01	1,85	21. Aprilita 2004	2:00:01	8,73
17. Aprilita 2004	13:30:01	12,98	19. Aprilita 2004	8:00:01	4,60	21. Aprilita 2004	2:30:01	8,73
17. Aprilita 2004	14:00:01	13,87	19. Aprilita 2004	8:30:01	4,60	21. Aprilita 2004	3:00:01	9,00
17. Aprilita 2004	14:30:01	13,87	19. Aprilita 2004	9:00:01	13,79	21. Aprilita 2004	3:30:01	9,00
17. Aprilita 2004	15:00:01	15,00	19. Aprilita 2004	9:30:01	13,79	21. Aprilita 2004	4:00:01	8,52
17. Aprilita 2004	15:30:01	15,00	19. Aprilita 2004	10:00:01	16,92	21. Aprilita 2004	4:30:01	8,52
17. Aprilita 2004	16:00:01	14,60	19. Aprilita 2004	10:30:01	16,92	21. Aprilita 2004	5:00:01	8,52
17. Aprilita 2004	16:30:01	14,60	19. Aprilita 2004	11:00:01	15,50	21. Aprilita 2004	5:30:01	8,52
17. Aprilita 2004	17:00:01	14,89	19. Aprilita 2004	11:30:01	15,50	21. Aprilita 2004	6:00:01	8,30
17. Aprilita 2004	17:30:01	14,89	19. Aprilita 2004	12:00:01	15,43	21. Aprilita 2004	6:30:01	8,30
17. Aprilita 2004	18:00:01	14,95	19. Aprilita 2004	12:30:01	15,43	21. Aprilita 2004	7:00:01	8,52
17. Aprilita 2004	18:30:01	14,95	19. Aprilita 2004	13:00:01	14,89	21. Aprilita 2004	7:30:01	8,52
17. Aprilita 2004	19:00:01	14,40	19. Aprilita 2004	13:30:01	14,89	21. Aprilita 2004	8:00:01	10,59
17. Aprilita 2004	19:30:01	14,40	19. Aprilita 2004	14:00:01	15,43	21. Aprilita 2004	8:30:01	10,59
17. Aprilita 2004	20:00:01	14,14	19. Aprilita 2004	14:30:01	15,43	21. Aprilita 2004	9:00:01	13,25
17. Aprilita 2004	20:30:01	14,14	19. Aprilita 2004	15:00:01	16,90	21. Aprilita 2004	9:30:01	13,25
17. Aprilita 2004	21:00:01	9,00	19. Aprilita 2004	15:30:01	16,90	21. Aprilita 2004	10:00:01	15,71
17. Aprilita 2004	21:30:01	9,00	19. Aprilita 2004	16:00:01	16,59	21. Aprilita 2004	10:30:01	15,71
17. Aprilita 2004	22:00:01	6,44	19. Aprilita 2004	16:30:01	16,59	21. Aprilita 2004	11:00:01	15,28
17. Aprilita 2004	22:30:01	6,44	19. Aprilita 2004	17:00:01	16,59	21. Aprilita 2004	11:30:01	15,28
17. Aprilita 2004	23:00:01	4,93	19. Aprilita 2004	17:30:01	16,59	21. Aprilita 2004	12:00:01	16,87
17. Aprilita 2004	23:30:01	4,93	19. Aprilita 2004	18:00:01	16,37	21. Aprilita 2004	12:30:01	16,87
18. Aprilita 2004	0:00:01	3,84	19. Aprilita 2004	18:30:01	16,37	21. Aprilita 2004	13:00:01	17,14
18. Aprilita 2004	0:30:01	3,84	19. Aprilita 2004	19:00:01	15,17	21. Aprilita 2004	13:30:01	17,14
18. Aprilita 2004	1:00:01	2,93	19. Aprilita 2004	19:30:01	15,17	21. Aprilita 2004	14:00:01	15,67
18. Aprilita 2004	1:30:01	2,93	19. Aprilita 2004	20:00:01	13,42	21. Aprilita 2004	14:30:01	15,67
18. Aprilita 2004	2:00:01	2,28	19. Aprilita 2004	20:30:01	13,42	21. Aprilita 2004	15:00:01	15,32
18. Aprilita 2004	2:30:01	2,28	19. Aprilita 2004	21:00:01	10,90	21. Aprilita 2004	15:30:01	15,32
18. Aprilita 2004	3:00:01	1,79	19. Aprilita 2004	21:30:01	10,90	21. Aprilita 2004	16:00:01	15,60
18. Aprilita 2004	3:30:01	1,79	19. Aprilita 2004	22:00:01	9,50	21. Aprilita 2004	16:30:01	15,60
18. Aprilita 2004	4:00:01	1,30	19. Aprilita 2004	22:30:01	9,50	21. Aprilita 2004	17:00:01	15,92
18. Aprilita 2004	4:30:01	1,30	19. Aprilita 2004	23:00:01	9,64	21. Aprilita 2004	17:30:01	15,92
18. Aprilita 2004	5:00:01	0,87	19. Aprilita 2004	23:30:01	9,64	21. Aprilita 2004	18:00:01	14,95
18. Aprilita 2004	5:30:01	0,87	20. Aprilita 2004	0:00:01	9,32	21. Aprilita 2004	18:30:01	14,95
18. Aprilita 2004	6:00:01	0,60	20. Aprilita 2004	0:30:01	9,32	21. Aprilita 2004	19:00:01	14,40
18. Aprilita 2004	6:30:01	0,60	20. Aprilita 2004	1:00:01	7,32	21. Aprilita 2004	19:30:01	14,40
18. Aprilita 2004	7:00:01	2,76	20. Aprilita 2004	1:30:01	7,32	21. Aprilita 2004	20:00:01	12,87
18. Aprilita 2004	7:30:01	2,76	20. Aprilita 2004	2:00:01	5,64	21. Aprilita 2004	20:30:01	12,87
18. Aprilita 2004	8:00:01	4,50	20. Aprilita 2004	2:30:01	5,64	21. Aprilita 2004	21:00:01	11,78
18. Aprilita 2004	8:30:01	4,50	20. Aprilita 2004	3:00:01	4,34	21. Aprilita 2004	21:30:01	11,78
18. Aprilita 2004	9:00:01	8,73	20. Aprilita 2004	3:30:01	4,34	21. Aprilita 2004	22:00:01	10,20
18. Aprilita 2004	9:30:01	8,73	20. Aprilita 2004	4:00:01	4,20	21. Aprilita 2004	22:30:01	10,20
18. Aprilita 2004	10:00:01	16,54	20. Aprilita 2004	4:30:01	4,20	21. Aprilita 2004	23:00:01	9,23
18. Aprilita 2004	10:30:01	16,54	20. Aprilita 2004	5:00:01	3,21	21. Aprilita 2004	23:30:01	9,23
18. Aprilita 2004	11:00:01	15,10	20. Aprilita 2004	5:30:01	3,21	22. Aprilita 2004	0:00:01	8,80
18. Aprilita 2004	11:30:01	15,10	20. Aprilita 2004	6:00:01	3,14	22. Aprilita 2004	0:30:01	8,80
18. Aprilita 2004	12:00:01	14,34	20. Aprilita 2004	6:30:01	3,14	22. Aprilita 2004	1:00:01	7,98
18. Aprilita 2004	12:30:01	14,34	20. Aprilita 2004	7:00:01	4,67	22. Aprilita 2004	1:30:01	7,98
18. Aprilita 2004	13:00:01	13,96	20. Aprilita 2004	7:30:01	4,67	22. Aprilita 2004	2:00:01	7,26
18. Aprilita 2004	13:30:01	13,96	20. Aprilita 2004	8:00:01	6,62	22. Aprilita 2004	2:30:01	7,26
18. Aprilita 2004	14:00:01	14,53	20. Aprilita 2004	8:30:01	6,62	22. Aprilita 2004	3:00:01	6,55
18. Aprilita 2004	14:30:01	14,53	20. Aprilita 2004	9:00:01	7,37	22. Aprilita 2004	3:30:01	6,55
18. Aprilita 2004	15:00:01	15,21	20. Aprilita 2004	9:30:01	7,37	22. Aprilita 2004	4:00:01	5,85
18. Aprilita 2004	15:30:01	15,21	20. Aprilita 2004	10:00:01	8,46	22. Aprilita 2004	4:30:01	5,85
18. Aprilita 2004	16:00:01	15,89	20. Aprilita 2004	10:30:01	8,46	22. Aprilita 2004	5:00:01	5,46
18. Aprilita 2004	16:30:01	15,89	20. Aprilita 2004	11:00:01	11,34	22. Aprilita 2004	5:30:01	5,46
18. Aprilita 2004	17:00:01	16,20	20. Aprilita 2004	11:30:01	11,34	22. Aprilita 2004	6:00:01	5,05
18. Aprilita 2004	17:30:01	16,20	20. Aprilita 2004	12:00:01	13,79	22. Aprilita 2004	6:30:01	5,05
18. Aprilita 2004	18:00:01	15,67	20. Aprilita 2004	12:30:01	13,79	22. Aprilita 2004	7:00:01	4,82
18. Aprilita 2004	18:30:01	15,67	20. Aprilita 2004	13:00:01	15,50	22. Aprilita 2004	7:30:01	4,82
18. Aprilita 2004	19:00:01	13,29	20. Aprilita 2004	13:30:01	15,50	22. Aprilita 2004	8:00:01	5,00
						22. Aprilita 2004	8:30:01	5,00
						22. Aprilita 2004	9:00:01	6,44

Päivä	Aika	Ulkolämpötila	Päivä	Aika	Ulkolämpötila
22. Aprilla 2004	9:30:01	6,44	24. Aprilla 2004	5:00:01	0,02
22. Aprilla 2004	10:00:01	7,86	24. Aprilla 2004	5:30:01	0,02
22. Aprilla 2004	10:30:01	7,86	24. Aprilla 2004	6:00:01	0,02
22. Aprilla 2004	11:00:01	8,52	24. Aprilla 2004	6:30:01	0,02
22. Aprilla 2004	11:30:01	8,52	24. Aprilla 2004	7:00:01	1,68
22. Aprilla 2004	12:00:01	11,14	24. Aprilla 2004	7:30:01	1,68
22. Aprilla 2004	12:30:01	11,14	24. Aprilla 2004	8:00:01	3,64
22. Aprilla 2004	13:00:01	11,40	24. Aprilla 2004	8:30:01	3,64
22. Aprilla 2004	13:30:01	11,40	24. Aprilla 2004	9:00:01	13,30
22. Aprilla 2004	14:00:01	11,46	24. Aprilla 2004	9:30:01	13,30
22. Aprilla 2004	14:30:01	11,46	24. Aprilla 2004	10:00:01	12,60
22. Aprilla 2004	15:00:01	11,25	24. Aprilla 2004	10:30:01	12,60
22. Aprilla 2004	15:30:01	11,25	24. Aprilla 2004	11:00:01	11,29
22. Aprilla 2004	16:00:01	11,34	24. Aprilla 2004	11:30:01	11,29
22. Aprilla 2004	16:30:01	11,34	24. Aprilla 2004	12:00:01	11,18
22. Aprilla 2004	17:00:01	11,40	24. Aprilla 2004	12:30:01	11,18
22. Aprilla 2004	17:30:01	11,40	24. Aprilla 2004	13:00:01	11,14
22. Aprilla 2004	18:00:01	10,75	24. Aprilla 2004	13:30:01	11,14
22. Aprilla 2004	18:30:01	10,75	24. Aprilla 2004	14:00:01	10,68
22. Aprilla 2004	19:00:01	10,14	24. Aprilla 2004	14:30:01	10,68
22. Aprilla 2004	19:30:01	10,14	24. Aprilla 2004	15:00:01	10,79
22. Aprilla 2004	20:00:01	8,91	24. Aprilla 2004	15:30:01	10,79
22. Aprilla 2004	20:30:01	8,91	24. Aprilla 2004	16:00:01	11,56
22. Aprilla 2004	21:00:01	6,29	24. Aprilla 2004	16:30:01	11,56
22. Aprilla 2004	21:30:01	6,29	24. Aprilla 2004	17:00:01	11,14
22. Aprilla 2004	22:00:01	4,39	24. Aprilla 2004	17:30:01	11,14
22. Aprilla 2004	22:30:01	4,39	24. Aprilla 2004	18:00:01	11,70
22. Aprilla 2004	23:00:01	2,88	24. Aprilla 2004	18:30:01	11,70
22. Aprilla 2004	23:30:01	2,88	24. Aprilla 2004	19:00:01	9,98
23. Aprilla 2004	0:00:01	1,73	24. Aprilla 2004	19:30:01	9,98
23. Aprilla 2004	0:30:01	1,73	24. Aprilla 2004	20:00:01	9,70
23. Aprilla 2004	1:00:01	0,81	24. Aprilla 2004	20:30:01	9,70
23. Aprilla 2004	1:30:01	0,81	24. Aprilla 2004	21:00:01	7,16
23. Aprilla 2004	2:00:01	0,02	24. Aprilla 2004	21:30:01	7,16
23. Aprilla 2004	2:30:01	0,02	24. Aprilla 2004	22:00:01	5,75
23. Aprilla 2004	3:00:01	-0,51	24. Aprilla 2004	22:30:01	5,75
23. Aprilla 2004	3:30:01	-0,51	24. Aprilla 2004	23:00:01	5,42
23. Aprilla 2004	4:00:01	-1,13	24. Aprilla 2004	23:30:01	5,42
23. Aprilla 2004	4:30:01	-1,13	25. Aprilla 2004	0:00:01	4,44
23. Aprilla 2004	5:00:01	-1,60	25. Aprilla 2004	0:30:01	4,44
23. Aprilla 2004	5:30:01	-1,60	25. Aprilla 2004	1:00:01	3,42
23. Aprilla 2004	6:00:01	-1,60	25. Aprilla 2004	1:30:01	3,42
23. Aprilla 2004	6:30:01	-1,60	25. Aprilla 2004	2:00:01	2,17
23. Aprilla 2004	7:00:01	-0,10	25. Aprilla 2004	2:30:01	2,17
23. Aprilla 2004	7:30:01	-0,10	25. Aprilla 2004	3:00:01	1,57
23. Aprilla 2004	8:00:01	2,60	25. Aprilla 2004	3:30:01	1,57
23. Aprilla 2004	8:30:01	2,60	25. Aprilla 2004	4:00:01	1,30
23. Aprilla 2004	9:00:01	13,75	25. Aprilla 2004	4:30:01	1,30
23. Aprilla 2004	9:30:01	13,75	25. Aprilla 2004	5:00:01	0,22
23. Aprilla 2004	10:00:01	13,29	25. Aprilla 2004	5:30:01	0,22
23. Aprilla 2004	10:30:01	13,29	25. Aprilla 2004	6:00:01	0,17
23. Aprilla 2004	11:00:01	10,59	25. Aprilla 2004	6:30:01	0,17
23. Aprilla 2004	11:30:01	10,59	25. Aprilla 2004	7:00:01	1,50
23. Aprilla 2004	12:00:01	9,82	25. Aprilla 2004	7:30:01	1,50
23. Aprilla 2004	12:30:01	9,82	25. Aprilla 2004	8:00:01	3,84
23. Aprilla 2004	13:00:01	8,97	25. Aprilla 2004	8:30:01	3,84
23. Aprilla 2004	13:30:01	8,97	25. Aprilla 2004	9:00:01	14,60
23. Aprilla 2004	14:00:01	8,80	25. Aprilla 2004	9:30:01	14,60
23. Aprilla 2004	14:30:01	8,80	25. Aprilla 2004	10:00:01	13,25
23. Aprilla 2004	15:00:01	8,52	25. Aprilla 2004	10:30:01	13,25
23. Aprilla 2004	15:30:01	8,52	25. Aprilla 2004	11:00:01	11,84
23. Aprilla 2004	16:00:01	8,64	25. Aprilla 2004	11:30:01	11,84
23. Aprilla 2004	16:30:01	8,64	25. Aprilla 2004	12:00:01	11,60
23. Aprilla 2004	17:00:01	8,52	25. Aprilla 2004	12:30:01	11,60
23. Aprilla 2004	17:30:01	8,52	25. Aprilla 2004	13:00:01	11,56
23. Aprilla 2004	18:00:01	8,97	25. Aprilla 2004	13:30:01	11,56
23. Aprilla 2004	18:30:01	8,97	25. Aprilla 2004	14:00:01	10,95
23. Aprilla 2004	19:00:01	9,28	25. Aprilla 2004	14:30:01	10,95
23. Aprilla 2004	19:30:01	9,28	25. Aprilla 2004	15:00:01	10,64
23. Aprilla 2004	20:00:01	8,35	25. Aprilla 2004	15:30:01	10,64
23. Aprilla 2004	20:30:01	8,35	25. Aprilla 2004	16:00:01	10,85
23. Aprilla 2004	21:00:01	5,64	25. Aprilla 2004	16:30:01	10,85
23. Aprilla 2004	21:30:01	5,64	25. Aprilla 2004	17:00:01	11,14
23. Aprilla 2004	22:00:01	4,22	25. Aprilla 2004	17:30:01	11,14
23. Aprilla 2004	22:30:01	4,22	25. Aprilla 2004	18:00:01	11,29
23. Aprilla 2004	23:00:01	3,36	25. Aprilla 2004	18:30:01	11,29
23. Aprilla 2004	23:30:01	3,36	25. Aprilla 2004	19:00:01	10,75
24. Aprilla 2004	0:00:01	3,40	25. Aprilla 2004	19:30:01	10,75
24. Aprilla 2004	0:30:01	3,40	25. Aprilla 2004	20:00:01	9,71
24. Aprilla 2004	1:00:01	2,28	25. Aprilla 2004	20:30:01	9,71
24. Aprilla 2004	1:30:01	2,28	25. Aprilla 2004	21:00:01	7,37
24. Aprilla 2004	2:00:01	1,25	25. Aprilla 2004	21:30:01	7,37
24. Aprilla 2004	2:30:01	1,25	25. Aprilla 2004	22:00:01	4,55
24. Aprilla 2004	3:00:01	0,73	25. Aprilla 2004	22:30:01	4,55
24. Aprilla 2004	3:30:01	0,73	25. Aprilla 2004	23:00:01	2,67
24. Aprilla 2004	4:00:01	0,22	25. Aprilla 2004	23:30:01	2,67
24. Aprilla 2004	4:30:01	0,22			

Liite E Esisuunnitteluvaiheen lämmönkulutuslaskelmat

Esisuunnittelun lämmönkulutuslaskelmat teki insinööritoimisto ja ne perustuivat seuraaviin arvioihin:

	Esisuunnittelu
Käyttöaika	6620 h/a
Käyttöaste	ma-su klo 6-23 100% ma-su klo 23-6 50%
Lämmöntalteenoton hyötysuhde (%)	50
Tulopuhallin (m ³ /s)	6,9

Näihin lukuihin perustuen ilmanvaihdon lämmönkulutus laskettiin kaavan 6 mukaan.

$$E = \frac{k \times q \times c \times \rho \times \Delta T_1 \times r \times 24 \times 4150}{\Delta T_2 \times 1000} \tag{6}$$

- jossa E on energia (MWh/a)
 k on käyttöastekerroin
 q on ilmanvaihdon ilmavirta (m³/s), tässä 6,9 m³/s
 c on ominaislämpökerroin (J/kgK), tässä ilmalle 1000 J/kgK
 ρ on tiheys (kg/m³), tässä ilmalle 1,2 kg/m³
 T_1 on ulko- ja sisälämpötilaero (K), tässä kojeen palvelemille tiloille 56K
 r on lämmöntalteenoton hyötysuhde, tässä 0,5
24 on kerroin, jolla muutetaan astepäiväluku astetunneiksi
4150 on arvioitu vuoden astepäiväluku (°Cd)
 T_2 on ulko- ja sisälämpötilaero (K), tässä muiden kuin kojeen palvelemien huoneiden lämpötila miinus ulkolämpötila eli 46K
1000 on muunnos kWh:sta MWh:ksi

Kaavan avulla laskettiin lämmönkulutukset käyttöastekertoimilla 0,71 ja 0,15. Käyttöastekertoimet tulevat tiedoista; käyttöaste ma-su klo 6-23 kerroin on 17/24 = 0,71 ja käyttöaste ma-su klo 23-6 kerroin on 7/24 = 0,15. Eri käyttökertoimilla saadut tulokset laskettiin yhteen ja ilmanvaihtokojeen lämmönkulutukseksi saatiin. 430 MWh/a.

Ilmanvaihdon lämmönkulutuksen laskentaan ei ole yhtä oikeaa laskentatapaa. Eri lähteissä on käytetty hieman eri laskentamenetelmiä riippuen siitä, mitä tekijöitä laskelmissa ollaan huomioitu. Insinööritoimiston käyttämä kaava on yksi tapa arvioida lämmönkulutusta.